



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

---

---

**UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL TIANGUISTENCO**

***“Proceso de diseño, fabricación y pruebas de funcionalidad de un molde de inyección para un producto plástico”***

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN PLÁSTICOS**

**P R E S E N T A**

**Irving Campos Becerril**

**DIRECTOR:**

**M. en I. Raymundo Medina Negrete**

# *Agradecimientos*

---

## *AGRADECIMIENTOS*

De la manera más humilde agradezco a Dios, por ser él quien me ha dado la sabiduría y los conocimientos que hoy forjan una parte importante de la vida profesional que he de desarrollar y desde luego a mis padres, porque en ningún momento dudaron de mí, por el contrario su apoyo fue constante y sin medida, alimentando con cariño, amor y consejos cada paso que daba, alentándome a seguir en esta lucha constante de mi preparación convirtiéndose en ese motor que me dio la fuerza para continuar y hoy culminar satisfactoriamente.

Como gran recinto del saber y de la preparación, con la tarea ardua de formar profesionistas de calidad, es mi siguiente agradecimiento para la Unidad Académica Profesional de Tianguistenco por la oportunidad brindada y porque durante cinco años me albergó en sus aulas del conocimiento.

Discípulos somos, y de grandes mentores necesitamos para formarnos, por eso hoy de manera muy especial agradezco al M. en I. Raymundo Medina Negrete por sus consejos, su constante apoyo y saberme guiar con sus conocimientos durante el desarrollo de este proyecto.

La experiencia y la dedicación hacen a los verdaderos entes del conocimiento, es por eso que doy las Gracias a Grupo Industrial Polisol, S.A. de C.V. por prestarme sus instalaciones, ya que sin su ayuda no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

Por el camino vamos y una preparación profesional buscamos, a ustedes compañeros con quienes en este lapso universitario de mi vida compartí risas, enojos, desvelos pero sobre todo conocimientos.

Y por último y no menos importantes a quienes como verdaderos artesanos, alfareros y mentores del conocimiento, me fueron dando forma y adentrando en el camino que es la vida profesional, a quienes dedicaron su tiempo y compartieron su saber, a ustedes Maestros Gracias.

---

# Resumen

---

## RESUMEN

Al diseñar un molde para una pieza fabricada mediante el moldeo por inyección, es importante poner atención en producir piezas en un ciclo corto de tiempo, que cumplan con su función, la calidad, costo y sin desperdicios de recursos, por lo tanto, llevar a cabo el proceso de diseño, fabricación y validación de un molde de inyección, requiere responsabilidad, conocimientos y compromiso por parte del ingeniero en plásticos, el cual primero debe entender en forma clara los requerimientos del cliente. En la actualidad es fundamental apoyarse en tecnologías o herramientas de diseño asistido por computadora (CAD/CAM/CAE), para diseñar y desarrollar productos, por lo tanto se debe tener capacidades y habilidades para usar estas tecnologías y dar soluciones óptimas. Las fases de identificación de la necesidad, diseño, manufactura y prueba de un producto deben estar estratégicamente administradas, y se deben llevar a cabo por un equipo multidisciplinario de trabajo, que planifique, realice, revise y retroalimente adecuadamente cada etapa del proceso, de manera que se garantice el cumplimiento de las fechas límite establecidas para el proyecto.

Para diseñar y manufacturar productos dentro de una empresa, se requiere implantar un ambiente de innovación, de mejora continua e ingeniería concurrente, así como entender correctamente los requerimientos y función que debe de cumplir un producto y los ingenieros responsables del diseño tienen la tarea de traducir estos requerimientos en especificaciones técnicas, contemplando las tolerancias y con esto determinar el costo que se requiere invertir para manufacturar el producto, el cual debe satisfacer completamente al cliente y con esto obtener rentabilidad para la empresa.

Desarrollar productos que cumplan con su ciclo de vida y generen valor a los clientes, requiere que las empresas enfoquen su atención en tener una misión y visión bien implementada, así como tener los procesos de trabajo, perfectamente mapeados, complementado con recursos humanos profesionales, bien conscientes de sus responsabilidades, disciplinados que afronten con pasión su trabajo y esto

---

# Resumen

---

---

dará como consecuencia capacidad para solucionar cualquier desviación que se presente durante la ejecución de los proyectos.

---

---

# ÍNDICE

---

## CONTENIDO GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
1.1 Introducción a los Polímeros plásticos.....	5
1.1.1 Polímeros.....	5
1.1.2 Clasificación de los polímeros .....	5
1.1.2.1 Termoplásticos .....	6
1.1.2.2 Elastómeros .....	7
1.1.2.3 Termoestables .....	7
1.2 ¿Qué es el proceso de inyección de plástico?.....	8
1.2.1 Ciclo de moldeo por inyección.....	8
1.2.2 Máquina de inyección .....	10
1.2.2.1 Unidad de plastificación y de inyección .....	10
1.2.2.2 La unidad de cierre .....	11
1.2.2.3 Especificaciones de la unidad de cierre .....	13
1.2.2.4 Especificaciones de la unidad de cierre .....	14
1.2.2.5 Área proyectada .....	14
1.3 Definición de CAD/CAM/CAE .....	16
1.3.1 Diseño asistido por computadora (CAD) .....	16
1.3.2 Manufactura asistida por computadora (CAM) .....	17
1.3.3 Ingeniería asistida por computadora (CAE) .....	19
1.4 Conceptos básicos de un molde de inyección.....	22
1.4.1 Consideraciones básicas .....	23
1.4.2 Descripción de los elementos principales del molde .....	24
1.4.2.1 Parte fija del molde .....	24
1.4.2.1 Parte móvil del molde .....	26
1.4.2.3 Tipos de colada .....	27
1.4.2.4 Sistema de alimentación.....	30

# ÍNDICE

---

1.4.2.5 Diseño de los canales de alimentación.....	31
1.4.2.6 Materiales de construcción del molde.....	33
1.5 ¿Por qué puede fallar un molde de inyección?.....	34
1.5.1 Aceros especiales para la manufactura de herramientas.....	35
1.5.1.1 Factores generales a los que se exponen los herramientas.....	35
1.5.2 El círculo de Deming.....	36
<b>CAPÍTULO II. REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE, DISEÑO DEL PRODUCTO Y DESARROLLO DE LA ESPECIFICACIÓN.....</b>	<b>38</b>
2.1 Triángulo del diseño de la manufactura.....	38
2.2 Necesidades y especificaciones del cliente.....	40
2.2.1. Material del producto: PP HG009.....	42
2.2.2. Color del producto.....	43
2.2.3. Producción de piezas al mes.....	43
2.3 Equipos y herramienta.....	45
2.4 Diseño del producto plástico.....	48
2.5 Revisión del diseño con el cliente y aprobación.....	55
<b>CAPÍTULO III. DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MOLDE Y HERRAMENTALES. .</b>	<b>56</b>
3.1 Vista explosionada de las fases de diseño y fabricación.....	56
3.1.1 Fase 1. Selección del tipo y diseño del porta-molde a utilizar.....	57
3.1.2 Fase 2. Diseño del molde y herramientas relacionados.....	59
3.1.3 Fase 3. Proceso de mecanizado de herramientas y molde.....	68
3.2 Ensamble de molde y componentes.....	71
<b>CAPÍTULO IV. PROCESO DE PRUEBAS PARA APROBACIÓN DEL MOLDE.</b>	<b>73</b>
4.1 Características de la máquina de inyección.....	73
4.2 Definición de parámetros de operación.....	74
4.3 Proceso de instalación de montaje de molde en la máquina de inyección.....	75
4.4 Proceso de pruebas para aprobación del molde.....	80
4.5 Reflexiones.....	86
<b>ANEXOS.....</b>	<b>88</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>91</b>

# ÍNDICE

---

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de los termoplásticos y cristalinos .....	7
Figura 2. Secuencia de eventos durante el ciclo de moldeo por inyección . .....	9
Figura 3. Ciclo de moldeo por inyección . .....	9
Figura 4. Esquema de una máquina de moldeo por inyección .....	10
Figura 5. Unidad de cierre con un mecanismo de rodillera . .....	11
Figura 6. Unidad de cierre hidráulica .....	12
Figura 7. Área proyectada de un molde de cuatro cavidades . .....	15
Figura 8. Diseño asistido por computadora .....	16
Figura 9. Modificaciones de una pieza 3D . .....	17
Figura 10. Manufactura asistida por computadora .....	18
Figura 11. Simulación de un mecanizado CNC .....	19
Figura 12. Simulación de esfuerzos de una pieza .....	19
Figura 13. Simulación de un sistema de enfriamiento .....	20
Figura 14. Análisis por elementos finitos .....	20
Figura 15. Partes principales del molde de inyección . .....	24
Figura 16. Vista esquemática de los tipos de colada más usados . .....	29
Figura 17. Canales de alimentación .....	30
Figura 18. Ejemplo de un canal de alimentación desbalanceado . .....	31
Figura 19. Sistema de llenado naturalmente balanceado . .....	32
Figura 20. ¿Por qué pueden fallar los moldes?.....	34
Figura 21. Aceros de trabajo en frío. ....	35
Figura 22. Aceros de trabajo caliente. ....	35
Figura 23. Círculo de Deming, adaptación .....	36

# ÍNDICE

---

Figura 24. Triángulo del diseño de la manufactura. ....	38
Figura 25. Pasos para el diseño de un molde de inyección. ....	39
Figura 26. Muestra proporcionada por el cliente . ....	40
Figura 27. Vista interna del producto plástico . ....	41
Figura 28. Vista externa del producto plástico . ....	41
Figura 29. Hoja de datos de producto . ....	42
Figura 30. Formato de cotización de maquilas . ....	44
Figura 31. Báscula analítica . ....	48
Figura 32. Croquis inicial del diseño . ....	49
Figura 33. Extrusión de la base y croquis de cintilla.....	50
Figura 34. Croquis de la segunda parte de la pieza . ....	50
Figura 35. Extrusión de la tapa . ....	51
Figura 36. Pieza con contracción . ....	52
Figura 37. Ensamble de la pieza plástica . ....	53
Figura 38. Plano 2D de la pieza . ....	54
Figura 39. Plano aprobado por el cliente . ....	55
Figura 40. Vista explosionada de las fases de diseño y fabricación.....	56
Figura 41. Cotización realizada por el proveedor . ....	58
Figura 42. Dibujo de porta-molde 3D . ....	59
Figura 43. Dibujo placa respaldo fijo . ....	63
Figura 44. Dibujo placa cavidades . ....	63
Figura 45. Dibujo placa corazones . ....	64
Figura 46. Dibujo placa respaldo corazones . ....	64
Figura 47. Dibujo placa botadora . ....	65
Figura 48. Dibujo inserto cavidades . ....	65



# ÍNDICE

---

Figura 49. Dibujo inserto corazones .....	66
Figura 50. Dibujo Electrodo corazón . .....	66
Figura 51. Dibujo de molde de inyección aprobado . .....	67
Figura 52. Ensamble parte fija. ....	71
Figura 53. Ensamble de la parte móvil. ....	72
Figura 54. Ensamble final del molde de inyección . .....	72
Figura 55. Inyectora de 90 toneladas . .....	73
Figura 56. Hoja de parámetros de inyección .....	74
Figura 57. Primer orden de pruebas para moldes .....	75
Figura 58. Segunda orden de pruebas .....	76
Figura 59. Montaje de molde de inyección .....	78
Figura 60. Apriete de molde .....	78
Figura 61. Molde en la máquina de inyección .....	79
Figura 62. Evaluación dimensional de la primera prueba de inyección.....	80
Figura 63. Cavidad 1 y 2 .....	83
Figura 64. Pieza sin defectos de botadores .....	83
Figura 65. Pieza sin marcas de mecanizado .....	84
Figura 66. Metrología de la segunda prueba de inyección.....	84

# ÍNDICE

---

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Aceros utilizados en construcción de moldes .....	33
Tabla 2. Componentes del porta-molde. ....	57
Tabla 3 Diseño de los componentes del porta-molde. ....	62
Tabla 4. Proceso de mecanizado de molde de inyección. ....	70
Tabla 5. Componentes lado fijo y móvil del molde de inyección. ....	71
Tabla 6. Características de la inyectora .....	73
Tabla 7. Prueba 1 del molde de inyección. ....	82

# INTRODUCCIÓN

---

## INTRODUCCIÓN

El proyecto que sustenta esta tesis es el diseño y construcción de un molde de inyección de dos cavidades para una pieza plástica denominada porta-cera, el cual además de cumplir con los requerimientos del cliente le ofrece un costo razonable del producto inyectado, y un tiempo de entrega que satisface sus necesidades de venta.

El diseño 3D fue realizado por medio de un programa de diseño asistido por computadora (CAD: "Computer aided design", de la lengua inglesa), al mismo tiempo se dibujaron los planos que muestran las medidas que debe tener el componente.

Al mismo tiempo el proyecto muestra el diseño y se fabricación un molde de inyección con todos los componentes necesarios para el buen desempeño del mismo. Cabe mencionar que hoy en día existen empresas dedicadas a la venta de porta-moldes, que por medio de un catálogo se puede elegir el tamaño, espesor, tipo de material de las placas y otros elementos que lo conforman. Para este proyecto el porta-molde fue comprado a una empresa proveedora y es por ello que no se mostrará el diseño mecánico y los cálculos de los esfuerzos que debe resistir durante su operación contemplando los pernos guía, bujes, tonillos, disco centrador, boquilla, etc. Únicamente los maquinados y diseños están en la placa cavidades, placa corazones, placa respaldo corazones, placa botadora y placa respaldo fijo.

Al final, fueron realizadas pruebas de funcionalidad tanto del molde así como del producto plástico, con las muestras obtenidas el molde de inyección fue aprobado y es capaz de producir piezas de calidad.

El capítulo uno habla de los polímeros plásticos de una forma general, así como también de su transformación por medio del proceso de inyección. Son descritas las principales partes de una máquina de inyección. Para el caso del diseño se mencionan conceptos de CAD/CAM/CAE, esto se hace porque en la fabricación

# INTRODUCCIÓN

---

de un molde es necesario contar con estas herramientas de diseño. Por último muestra conceptos básicos sobre moldes de inyección.

El objetivo del capítulo dos es dar a conocer los requerimientos del cliente y una vez entendidos seguir con el diseño del producto plástico. Finalizado y autorizado el modelado 3D del producto se puede comenzar con el diseño del molde.

Dentro del capítulo tres se encuentran tres fases, la primera fase hace referencia al tipo de porta-molde que se va a utilizar, la segunda fase muestra el diseño de las cavidades y corazones y los componentes que conforman al molde. En la tercera fase son descritos los procesos de mecanizado que fueron utilizados y termina con el ensamble de todos los componentes.

Y finalmente el capítulo cuatro presenta las pruebas realizadas al molde de inyección, los defectos presentados y las acciones tomadas para resolverlos. También muestra la validación dimensional realizada para lograr la aprobación del producto.

# HIPÓTESIS

---

## HIPÓTESIS

Es factible desarrollar un producto plástico con los recursos que se tienen dentro de la empresa, que cumpla con las expectativas funcionales de calidad y de costo que el cliente desea obtener.

# OBJETIVOS

---

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Diseñar y fabricar un molde de inyección de un producto plástico llamado porta-cera, cumpliendo con los requerimientos que ha planteado el cliente.

### Objetivos particulares

1. Diseñar el producto plástico porta-cera que satisfaga los requerimientos del cliente.
2. Diseñar un molde para fabricar piezas plásticas considerando las características y restricciones obtenidas del diseño de la pieza del porta-cera.
3. Determinar y establecer los procesos de manufactura y las herramientas necesarias para la elaboración del molde.
4. Hacer la prueba de funcionalidad del molde.

# Capítulo I

---

## CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Introducción a los Polímeros plásticos.

#### 1.1.1 Polímeros

Polímero se define como toda sustancia constituida por moléculas que se caracterizan por la repetición de uno o más tipos de unidades monoméricas. Se trata de cadenas muy largas en las que muchos átomos están alineados uno junto a otro.

Los monómeros son, por tanto, sustancias químicas de bajo peso molecular capaces de reaccionar consigo mismo o con otras sustancias para formar un polímero.

En el sentido etimológico, la palabra polímero deriva del griego “poly”, que significa muchos, y “meros” que significa parte. La mayoría de los polímeros se basan en el carbono y por consiguiente, son considerados sustancias químicas orgánicas. Sin embargo, el grupo también incluye un número de polímeros inorgánicos.

El carácter único de las propiedades y de los métodos de procesamiento de los polímeros se atribuye a su estructura molecular. La facilidad con la que se procesan los polímeros y los plásticos los hace, para muchas aplicaciones, el material preferido actualmente. A causa de su baja densidad y de la posibilidad de darles forma y moldearlos a temperaturas relativamente bajas, si se comparan con los metales y materiales tradicionales <sup>[1]</sup>.

#### 1.1.2 Clasificación de los polímeros

Los polímeros se pueden clasificar según su origen, que puede ser de la siguiente manera:

- ⊗ Polímeros naturales.
- ⊗ Polímeros sintéticos.

# Capítulo I

---

Los polímeros naturales son todos aquellos que provienen de los seres vivos, y por lo tanto, dentro de la naturaleza podemos encontrar una gran diversidad de ellos, por ejemplo, la lana, la seda, la celulosa, el caucho natural, etc.; como polímeros sintéticos, son los que se obtienen por síntesis ya sea en la industria o en un laboratorio, por ejemplo, los plásticos, el caucho sintético, las pinturas y recubrimientos, los adhesivos, los pegamentos, materiales textiles sintéticos, etc.

Sin embargo, la clasificación más aceptada se basa en el comportamiento térmico del polímero, es decir, en la termo-dependencia de sus propiedades (comportamiento y procesamiento); así, tenemos:

- ⊗ Termoplásticos.
- ⊗ Elastómeros.
- ⊗ Termoestables [2].

## 1.1.2.1 Termoplásticos

Son polímeros que al calentarse a determinadas temperaturas se convierten en fluidos, permitiendo su moldeo en la forma deseada, que quedará preservada al enfriarse. Constituyen el grupo más importante y de mayor uso comercial de polímeros sintéticos.

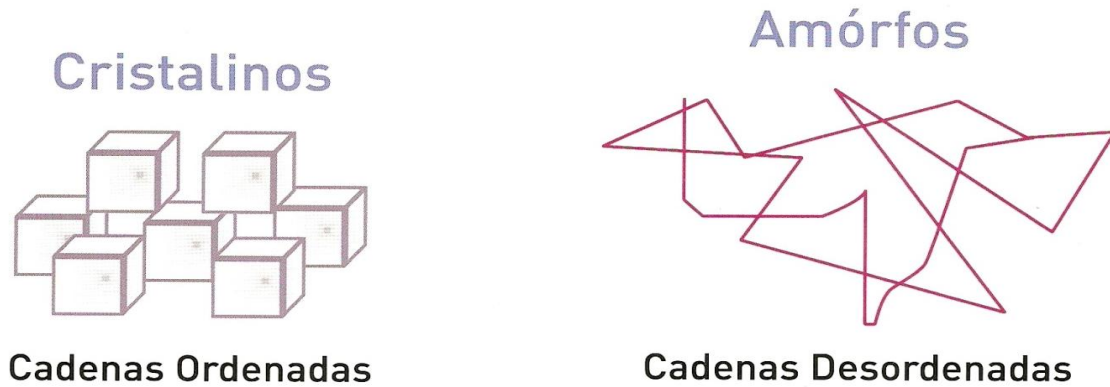
Su estructura molecular puede ser lineal o ramificada, lo que le facilita fluir con aportación de calor.

Además los polímeros termoplásticos se dividen en dos clases; amorfos y semi-cristalinos. Los termoplásticos amorfos son aquellos cuyas moléculas permanecen en desorden cuando se enfrían, lo cual conduce a un material sólido con estructura molecular bastante aleatoria. Como se muestra en la figura 1 los termoplásticos semi-cristalinos, por otra parte, solidifican con un cierto orden en su estructura molecular. Por tanto, cuando se enfrían se endurecen, y las moléculas empiezan a acomodarse en un ordenamiento regular por debajo de lo que se conoce como temperatura de fusión, ( $T_m$ ) [3].



# Capítulo I

---



**Figura 1.** Estructura de los termoplásticos y cristalinos <sup>[3]</sup>.

## 1.1.2.2 Elastómeros

Son polímeros que poseen cadenas con mucha libertad de movimiento molecular (flexibilidad). Presentan dobles enlaces a lo largo de la cadena, pero reticulados en menor extensión. También se les llama hules, son materiales que pueden ser deformados por aplicación de una tensión. Se estiran con facilidad y, en general, también resisten a la compresión. La deformación es reversible, aunque aplicándoles demasiada carga estos pueden fallar.

Los elastómeros son polímeros cristalinos que se pueden reticular, casi siempre por vulcanización. Tienen propiedades intermedias entre los sólidos y los fluidos viscosos, aunque sus propiedades se modifican sustancialmente con la adición de diversas sustancias: cargas, aceleradores, antioxidantes, entre otros.

## 1.1.2.3 Termoestables

Los termoplásticos solidifican por un proceso de curado químico. En este caso, las largas macromoléculas se entrelazan unas con otras durante el proceso de curado, dando como resultado una red tridimensional de moléculas que no pueden deslizarse una sobre otra. La formación de esta red ocasiona que el material pierda su capacidad de fluir aún después de calentarlo. La alta densidad de entrecruzamiento entre moléculas hace frágil y duro al material termoestable. Los termoestables exhiben una temperatura de transición vítrea que está algunas veces cercana o por encima de las temperaturas de degradación térmica.

# Capítulo I

---

## 1.2 ¿Qué es el proceso de inyección de plástico?

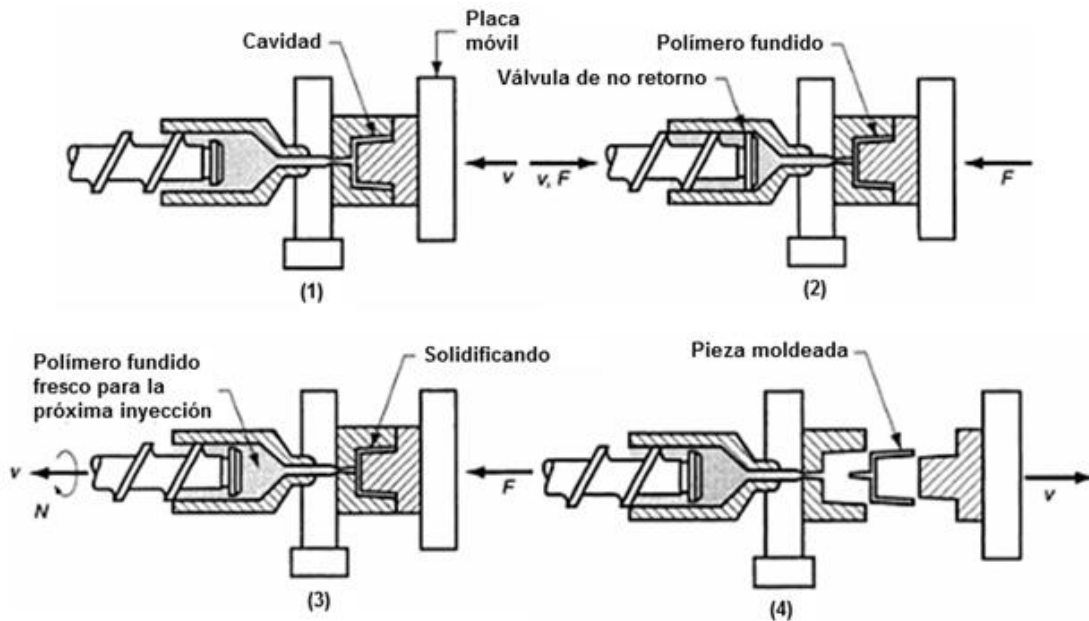
El moldeo por inyección es, quizás, el método de moldeo más característico de la industria de plásticos. Consiste básicamente en fundir un material plástico en condiciones adecuadas e introducirlo a presión en las cavidades de un molde en el que se enfría hasta una temperatura apta para que las piezas puedan ser extraídas sin deformarse.

El proceso por inyección puede dividirse en dos fases: En la primera, tiene lugar la fusión del material, y, en la segunda, la inyección en el molde. En las máquinas convencionales el material de moldeo que tiene forma de gránulos, entra en el cilindro de calefacción a través de una tolva de alimentación situada en la parte posterior del cilindro. El material se calienta y se funde en el cilindro, al mismo tiempo que circula hacia la parte anterior de éste, gracias al movimiento rotatorio del tornillo de plastificación que se encuentra en el interior del cilindro <sup>[4]</sup>.

### 1.2.1 Ciclo de moldeo por inyección

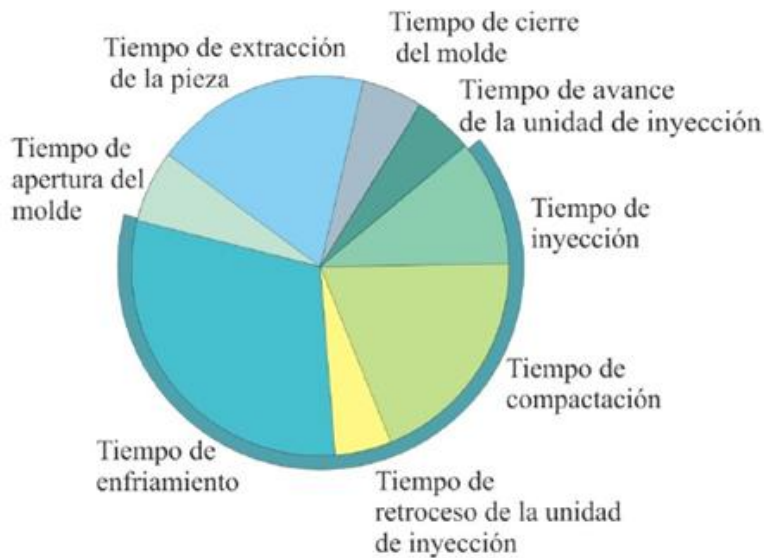
El ciclo de inyección de polímeros termoplásticos procede según la secuencia de la Figura 2 el ciclo empieza cuando el molde se cierra, seguido de la inyección del polímero a alta presión en la cavidad del molde. Una vez que la cavidad del molde está llena, el plástico se enfría al contacto con la superficie fría del molde y empieza a solidificar, y al mismo tiempo se mantiene una presión de sostenimiento, para compensar el encogimiento del material. En la siguiente etapa, el tornillo gira, para alimentar la siguiente carga a la parte frontal de la unidad de plastificación. Esto ocasiona que retroceda mientras se prepara la siguiente carga. Una vez que la pieza está suficientemente fría, el molde se abre y expulsa la parte moldeada <sup>[5]</sup>.

# Capítulo I



**Figura 2.** Secuencia de eventos durante el ciclo de moldeo por inyección <sup>[5]</sup>.

En la Figura 3, se presenta la secuencia de eventos durante el ciclo de moldeo por inyección. La figura muestra que el tiempo de ciclo está dominado por el enfriamiento de la pieza dentro de la cavidad del molde.



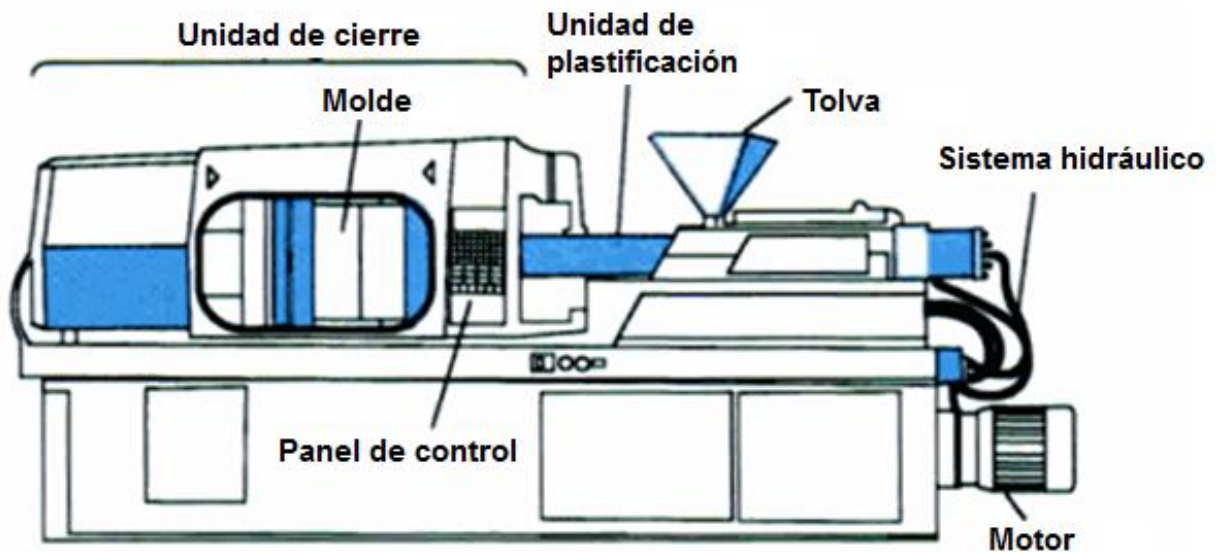
**Figura 3.** Ciclo de moldeo por inyección <sup>[5]</sup>.

# Capítulo I

## 1.2.2 Máquina de inyección

La tarea principal de las máquinas de inyección consiste en la fabricación discontinua de piezas a partir de masas de moldeo de elevado peso molecular, con la ayuda de presiones elevadas.

En la figura 4 se muestra una máquina moderna de moldeo por inyección, con sus elementos más importantes. Los componentes de la máquina de molde por inyección, son la unidad de plastificación, la unidad de cierre y el molde.



**Figura 4.** Esquema de una máquina de moldeo por inyección <sup>[6]</sup>.

### 1.2.2.1 Unidad de plastificación y de inyección

Es la responsable de calentar a los termoplásticos hasta su temperatura de fundición e inyectarla en el molde, el material es transportado en el interior de un cilindro, el cual cuenta con elementos térmicos para calentar el plástico y un tornillo para el desplazamiento del polímero hasta el interior del molde, una vez que todo el polímero se inyectó en el molde el tornillo regresa para una nueva carga.

Los elementos principales de una unidad de plastificación son:

- ∅ Tolva.

# Capítulo I

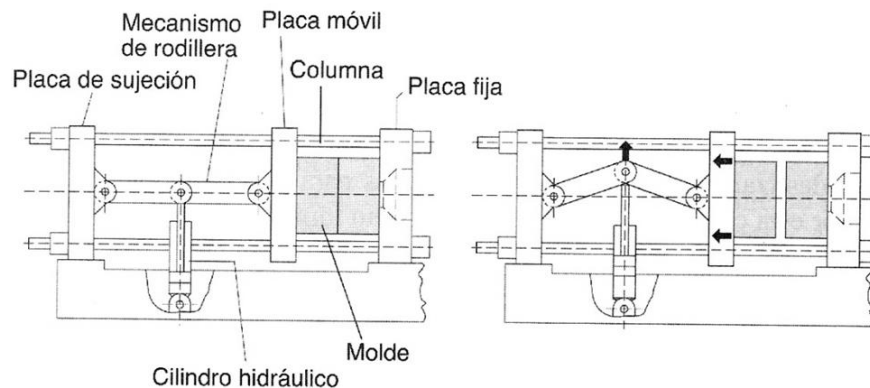
- ∅ Tornillo o husillo.
- ∅ Bandas de calentamiento.
- ∅ Válvula de cheque.
- ∅ Boquilla.

## 1.2.2.2 La unidad de cierre

El trabajo de la unidad de cierre en una máquina de moldeo por inyección es abrir y cerrar el molde, se debe asegurar que las dos partes de molde cierren de forma correcta y segura, esto es para evitar que se generen rebabas durante el llenado y la etapa de sostenimiento. En la actualidad las máquinas modernas de inyección tienen dos tipos predominantes de cierre: mecánico e hidráulico.

En el sistema de cierre mecánico existen dos tipos, el cierre por rodillera simple o doble:

La rodillera simple es un sistema de bielas que, multiplicando la fuerza que se le aplica, realiza la fuerza de cierre requerida esto se puede ver en la figura 5. La relación de multiplicación varía de 15 a 20 veces en la rodillera simple. Normalmente el sistema de rodilleras son accionados por un cilindro hidráulico, actualmente, la rodillera simple es usada en máquinas con fuerza de cierre de hasta 70 toneladas [7].

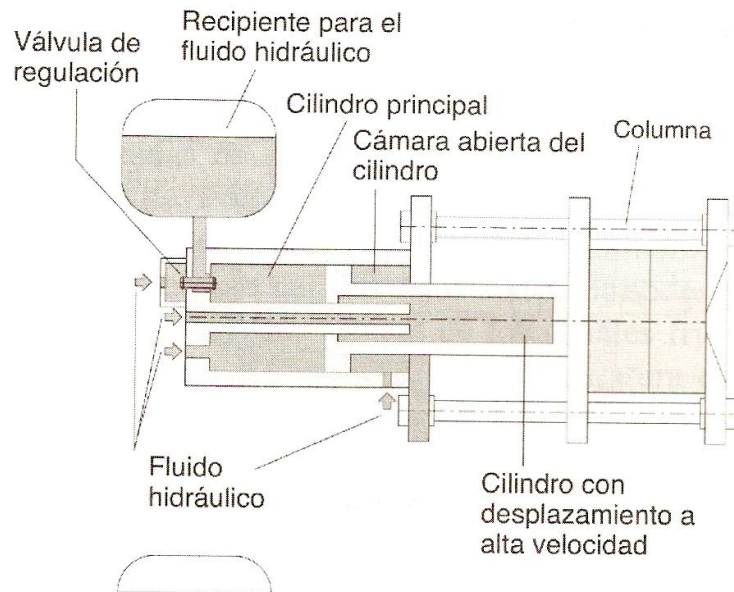


**Figura 5.** Unidad de cierre con un mecanismo de rodillera [6].

# Capítulo I

Una de las principales razones por la cual se utiliza el cierre por rodillera doble es porque proporciona una mayor velocidad de desplazamiento a la parte móvil, acortando con esto los tiempos de cierre y apertura del molde, de igual forma, la fuerza generada sobre la platina móvil resulta más equilibrada respecto a la originada por el sistema de rodillera simple, ya que actúa sobre dos líneas paralelas en conjunto con las columnas del molde.

En la figura 6 se muestra el cierre por pistón hidráulico que comparado con el sistema por rodillera resulta más lento, pero permite tener una carrera muy larga de la platina móvil, sin aumentar sustancialmente el tamaño de la unidad de cierre, en este sistema, la platina móvil se acerca a la platina fija por medio de un pistón pequeño localizado en el centro del pistón principal o por medio de dos pistones laterales al mismo pistón principal, la fuerza de cierre real es el propio empuje del pistón principal por lo que si queremos conocer la fuerza de cierre, basta multiplicar el área de la sección del pistón por la presión del fluido hidráulico que actúa sobre el mismo pistón.



**Figura 6.** Unidad de cierre hidráulica [6].

# Capítulo I

---

## 1.2.2.3 Especificaciones de la unidad de cierre

Para entender mejor el funcionamiento de la unidad de cierre, hay algunas especificaciones relacionadas a la unidad que son igualmente importantes para el moldeador. Las especificaciones más importantes son:

**Altura máxima/mínima del molde:** Esta especificación define el espesor máximo y mínimo de un molde (conocida como altura del molde) que puede ser utilizada particularmente en la unidad de cierre.

**Máximo claro:** Es la máxima cantidad de espacio que está disponible entre la platina fija y la platina móvil cuando la unidad de cierre está completamente abierta. Este es aproximadamente igual a la altura máxima del molde más la carrera de cierre. Esta especificación puede predecir la apertura entre las dos mitades del molde que permita la caída libre de la pieza inyectada sin dañar el molde.

**Movimiento de apertura:** Es la distancia que la platina móvil es capaz de abrir. Esta especificación, combinada con la altura máxima del molde, puede ser útil para limitar el tamaño de un producto para que se pueda moldear.

**Medida de la platina:** La medida horizontal y vertical de las platinas pueden ser una determinante en el tamaño máximo del molde, ya que podemos saber si un molde puede ser montado en una máquina de inyección.

**Distancia entre barras:** La mayoría de las máquinas de inyección tienen dos barras en la parte superior y otras dos en la parte inferior (hablando de la unidad de cierre). Esto es porque muchos moldes son montados en la parte superior de la unidad de cierre. Esta especificación, combinada con la medida de las platinas y la altura máxima del molde, sirve para determinar la medida total que el molde debe tener para así ser colocado en la unidad de cierre <sup>[8]</sup>.

# Capítulo I

---

## 1.2.2.4 Especificaciones de la unidad de cierre

El panel de control contiene los instrumentos, los interruptores eléctricos, los reguladores y el sistema de gestión de la energía. En definitiva, todos aquellos elementos destinados al control y al ajuste del proceso. En las máquinas modernas es posible introducir los parámetros a través de un teclado, por medio de menús. El microprocesador incorporado se encarga de dirigir el proceso, revisando los datos de producción y funcionamiento y es capaz de documentarlo y registrarlo en la memoria <sup>[9]</sup>.

## 1.2.2.5 Área proyectada

El área proyectada de un molde es aquella área que deberá ser llenada con plástico fundido en la línea de partición. La línea de partición de un molde es la apertura primaria del molde cuando la cavidad y el corazón son separadas, permitiendo que las partes sean expulsadas.

El área proyectada también es definida como “el área de la sombra proyectada por el disparo moldeada sobre una superficie plana paralela a la línea de partición”. Este incluye también la colada. El área proyectada de un molde es usada para determinar el tonelaje en una máquina de moldeo por inyección que se requiere para que el molde funcione de la mejor manera.

Para poder calcular el área proyectada fue tomado como ejemplo la figura 7. Asumido que la colada de alimentación ocupa aproximadamente 4 pulgadas cuadradas (2,580 mm<sup>2</sup>) y que cada pieza cubre 24 pulgadas cuadradas (15,484 mm<sup>2</sup>), el área proyectada total debería ser aproximadamente de 100 pulgadas cuadradas.

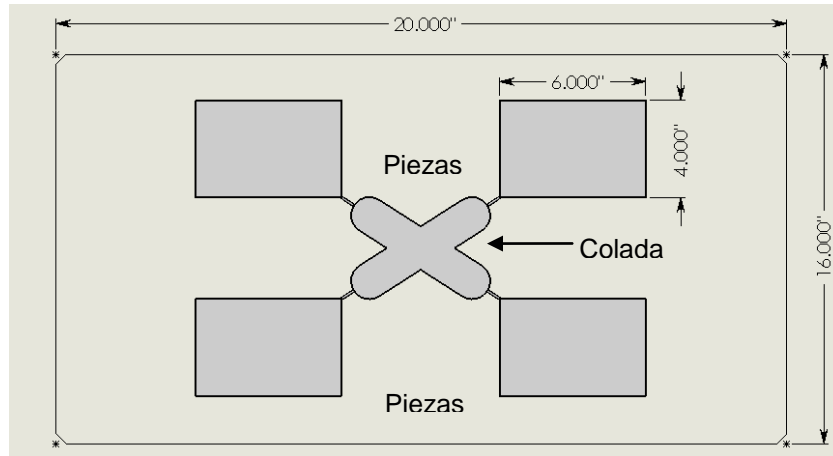
$$24" \times 4" = 94 + 4 = 100 \text{ pulgadas } \text{ó} \text{ (64,516 mm}^2\text{)}$$

Tomando en cuenta que una unidad de cierre alrededor de 2 ½ a 3 toneladas por cada pulgada cuadrada de área proyectada es adecuada para la mayoría de las condiciones de moldeo.



## Capítulo I

De acuerdo al ejemplo anterior, el área proyectada del molde de la figura 7 debería requerir en un rango de 250 a 300 toneladas de fuerza de cierre. Una máquina de 300 toneladas ciertamente debería ser suficientemente tonelaje y 250 serían adecuadas [8].



**Figura 7.** Área proyectada de un molde de cuatro cavidades [8].

# Capítulo I

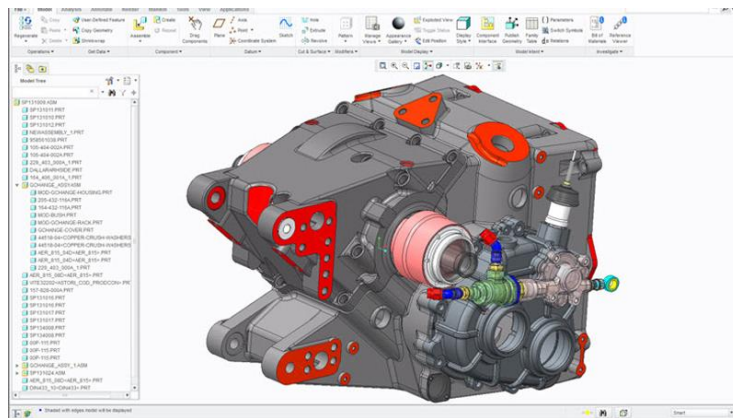
## 1.3 Definición de CAD/CAM/CAE

### 1.3.1 Diseño asistido por computadora (CAD)

El término diseño asistido por computadora fue desarrollado por Douglas Ross y Dwight Baumann en 1959 y aparece por primera vez en 1960, en un anteproyecto titulado “Proyecto de diseño asistido por computadora” (Computer Aided Design Project). En esa época ya se había comenzado a trabajar en la utilización de sistemas informáticos en el diseño, fundamentalmente de curvas y superficies, estos trabajos se desarrollaron en la industria automovilística, naval y aeronáutica [10].

El diseño asistido por computadora (CAD), puede ser definido como el uso de sistemas informáticos para ayudar en la creación, modificación, análisis o en la optimización de un diseño.

En los programas CAD es posible crear una representación gráfica de una pieza en tres dimensiones que permite visualizar todos los aspectos del diseño propuesto desde cualquier ángulo (ver figura 8). Además, cuentan con diversas funciones que permiten al usuario añadir componentes prediseñados y adaptarlos a su diseño, también se puede obtener información sobre el modelo de forma rápida y sencilla, por ejemplo, medidas, masa del componente, ensamblaje, insertar material, etcétera.

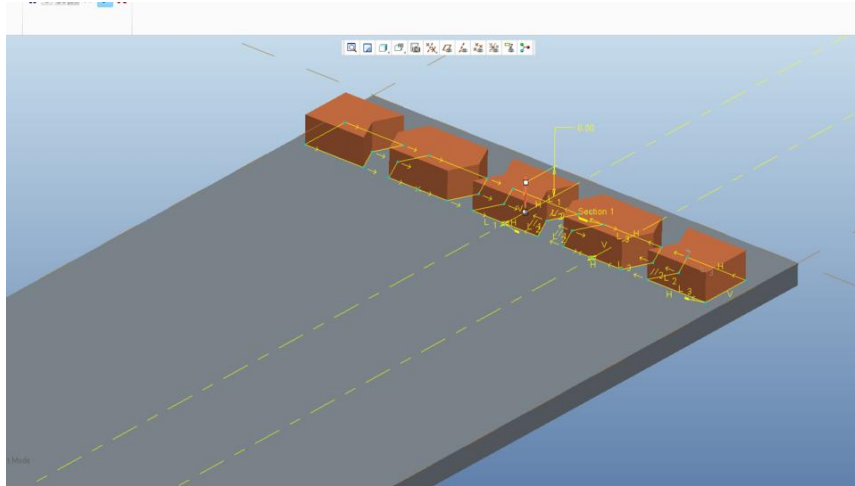


**Figura 8.** Diseño asistido por computadora [11].

# Capítulo I

---

Debido a que los componentes son diseñados por medio de la tecnología paramétrica, se pueden realizar modificaciones en medidas, como cambiar medidas de ángulos, profundidades, grosor de paredes, alturas, entre otras. Estos cambios que se realizan se pueden ver realizados inmediatamente en el modelo, lo que permite corregir rápidamente un error que pudiera existir durante el diseño de la pieza. Un ejemplo claro de esto se observa en la figura 9.



**Figura 9.** Modificaciones de una pieza 3D <sup>[11]</sup>.

Cuando los modelos están completamente definidos y dentro de las especificaciones, es posible exportarlos en distintos formatos con la misma información geométrica de la pieza. Estos formatos son el punto de partida para sistemas de la manufactura asistida por computadora (CAM) y de la ingeniería asistida por computadora (CAE).

## 1.3.2 Manufactura asistida por computadora (CAM)

Manufactura asistida por computadora se define como el uso de aplicaciones de software computacional de control numérico para planear, gestionar, y controlar las operaciones de manufactura de una empresa a través de cualquier interfaz directa o indirectamente con los recursos de producción de la planta <sup>[19]</sup>. En otras

# Capítulo I

---

palabras se utiliza para desarrollar los programas de mecanizado de las piezas en un control numérico computarizado y para otras aplicaciones de procesamiento (ver figura 10). Los fabricantes de diferentes industrias dependen de las capacidades de CAM para producir partes de alta calidad <sup>[12]</sup>.



**Figura 10.** Manufactura asistida por computadora <sup>[13]</sup>.

## Beneficios de utilizar manufactura asistida por computadora

- ∅ Los sistemas CAM pueden maximizar la utilización de la amplia gama de equipamiento de producción, incluyendo alta velocidad, máquinas multifuncionales y de torneado, maquinado de descarga eléctrica (EDM), entre otros.
- ∅ Ayudan a la creación, verificación y optimización de programas de control numérico para una productividad óptima de maquinado, así como automatizar la creación de documentación de producción (ver figura 11).
- ∅ Los sistemas CAM avanzados, integrados con la administración del ciclo de vida de producto proveen planeación de manufactura y personal de producción con datos y administración de procesos para asegurar el uso correcto de datos y recursos estándar.

# Capítulo I

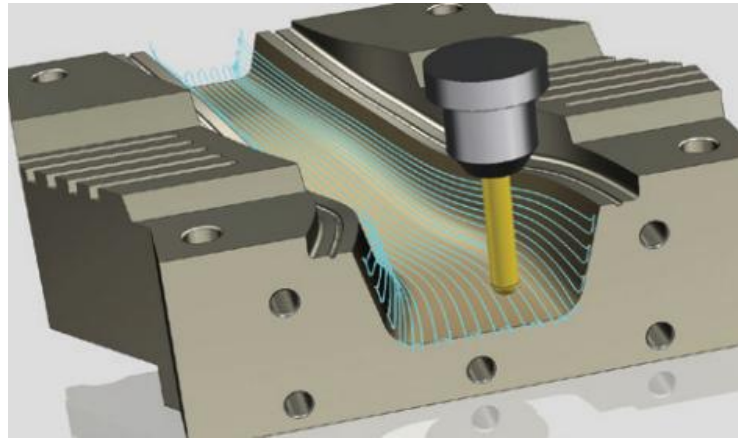


Figura 11. Simulación de un mecanizado CNC [11].

## 1.3.3 Ingeniería asistida por computadora (CAE)

La ingeniería asistida por computadora utiliza métodos informáticos para simular desempeño y así poder hacer mejoras a los diseños de productos o bien apoyar a la resolución de problemas de ingeniería para una amplia gama de industrias. Esto incluye la simulación, validación y optimización de productos, procesos y herramientas de manufactura. En la figura 12 y 13 podemos ver diferentes simulaciones de esfuerzos y de temperaturas de unas piezas.

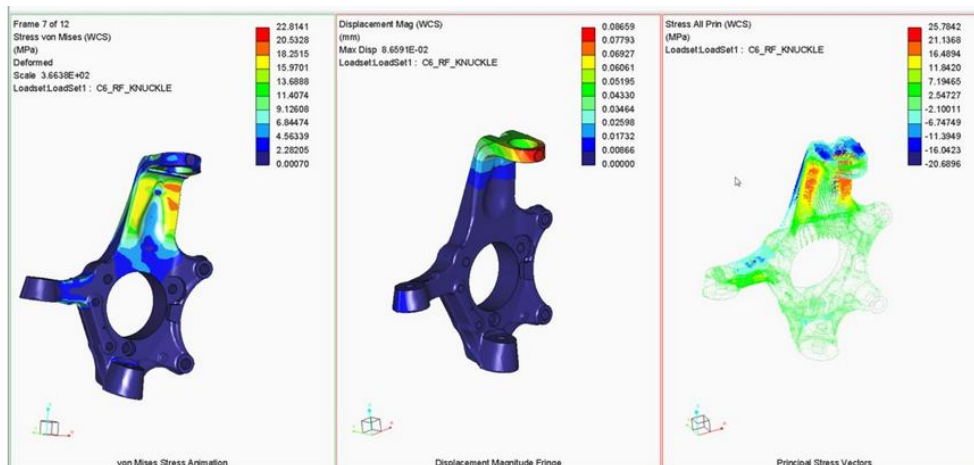
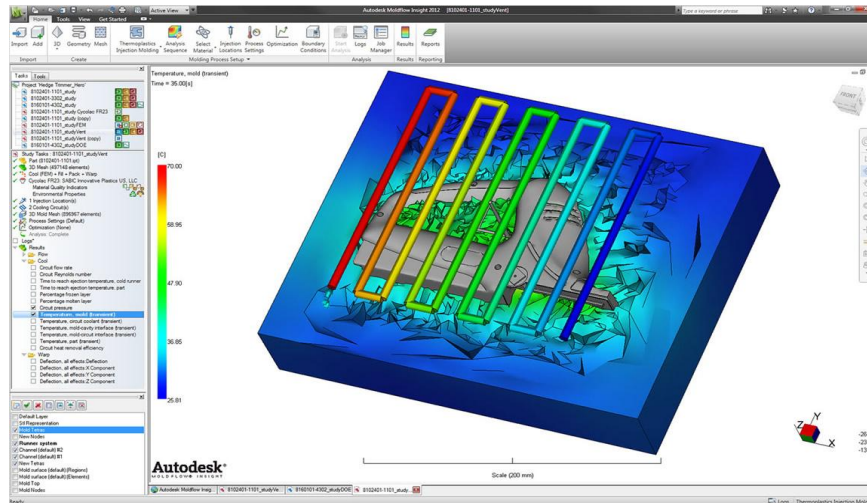


Figura 12. Simulación de esfuerzos de una pieza [14].

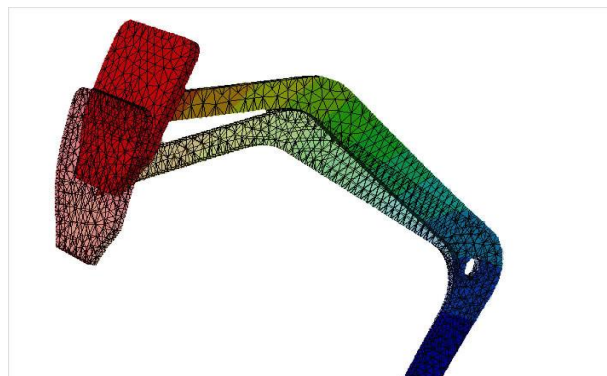
# Capítulo I



**Figura 13.** Simulación de un sistema de enfriamiento [14].

Los sistemas de ingeniería asistida por computadora no son justamente herramientas de diseño. Estos nos pueden ayudar a integrar el proceso completo de ingeniería desde el diseño conceptual del producto hasta los programas que manejan las máquinas que manejan el producto.

La tendencia fundamental en el desarrollo de las herramientas CAE es la integración de las tecnologías de software y hardware en sistemas complejos para el análisis de diseño e ingeniería de una pieza. Un ejemplo de estas piezas es el análisis por elementos finitos (ver figura 14).



**Figura 14.** Análisis por elementos finitos [15].

# Capítulo I

---

Los CAE proporcionan herramientas que pueden aplicarse para solucionar una amplia variedad de problemas de ingeniería, mejoran la productividad del diseñador y además permiten transferir información directamente desde la fase de desarrollo del producto hasta su fabricación.

# Capítulo I

---

## 1.4 Conceptos básicos de un molde de inyección.

El molde de inyección es el elemento del proceso de moldeo por inyección que recibe el plástico fundido procedente de la unidad de inyección, le da la forma deseable a la pieza de plástico, le proporciona el enfriamiento necesario para que solidifique y después del enfriamiento la expulsa.

El molde no es un elemento de una máquina de inyección, ya que debe de construirse especialmente para cada pieza. Consta de dos mitades, que se fijan a la placa de sujeción de la unidad de cierre. El tamaño máximo del molde viene determinado por el tamaño de las placas de sujeción, así como por la distancia entre las guías propias de la máquina <sup>[16]</sup>.

Las partes básicas que componen a un molde de inyección son las siguientes:

- ⊗ Placa de cavidades.
- ⊗ Sistema de alimentación.
- ⊗ Sistema de refrigeración.
- ⊗ Expulsores.

Estos elementos cumplen con las siguientes funciones:

- ⊗ Permitir la entrada y distribución de la masa fundida.
- ⊗ Moldear la masa fundida hasta darle la forma deseada.
- ⊗ Facilitar el enfriamiento de la masa fundida.
- ⊗ Desmoldar.

La mayoría de los moldes consisten fundamentalmente en dos mitades como se muestra en la figura 15, este tipo de moldes se usa para piezas que son inyectadas lateralmente al eje de la pieza, con el canal de alimentación situado en el mismo plato en el que está situada la cavidad. Además de la cavidad, otras características del molde tienen funciones indispensables durante el ciclo de moldeo. El molde debe contar con un canal de distribución donde corre el polímero fundido, de la boquilla a la cavidad del molde. El canal de distribución consiste en un bebedero que conduce el plástico a la boquilla del molde.



# Capítulo I

---

El molde es la parte más importante en el proceso de inyección. El termoplástico inyectado por la boquilla de la inyectora se aloja en la cavidad interna del molde donde solidifica, por tanto el molde es el encargado de dar forma y calidad a las piezas en el proceso de inyección. El diseño del molde debe estar acorde con el de la pieza <sup>[17]</sup>.

## 1.4.1 Consideraciones básicas

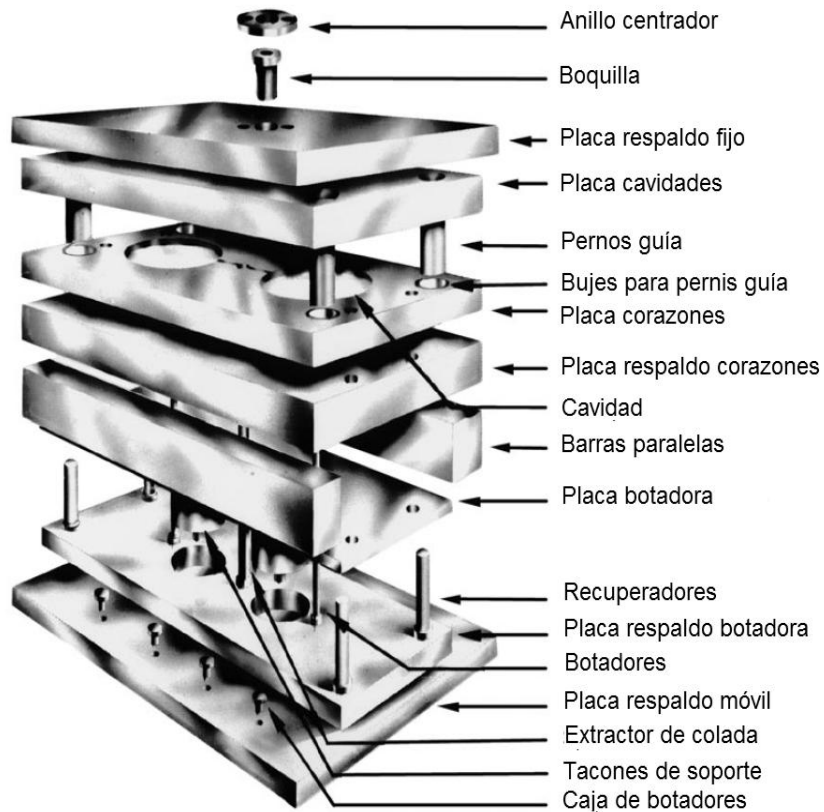
En primer lugar se va a describir la composición general de un molde como se muestra en la figura 15, los moldes de inyección generalmente están formados por dos mitades llamadas parte fija o de inyección y parte móvil o de expulsión;

Parte fija o de inyección; Se llama así porque es la parte del molde que no se mueve cuando la inyectora realiza todos sus movimientos. Está sujeta al plato fijo de la máquina inyectora y es donde apoya el cilindro de inyección de la misma. Esto se hace por el lado contrario a la zona donde está definida la cavidad de la pieza, por donde se introduce en el molde el plástico fundido.

Parte móvil o de expulsión; Es la parte que está sujeta al plato móvil de la máquina y se mueve solidariamente con éste. También es donde está normalmente ubicado el sistema de expulsión de la pieza cuando está fría <sup>[18]</sup>.

# Capítulo I

---



**Figura 15.** Partes principales del molde de inyección [24].

## 1.4.2 Descripción de los elementos principales del molde

### 1.4.2.1 Parte fija del molde

Placa respaldo fijo; es una placa de dimensiones (ancho y alto) adecuadas para que, según el tamaño de pieza a inyectar, queden espacios libres por donde se podrá sujetar mediante bridas al plato fijo de la máquina. Esta placa será lo suficientemente gruesa, como para evitar deformaciones, lo que influirá en el peso total del molde.

Placa de cavidad y corazón; son las placas donde se realizan las figuras de la pieza, bien como postizos ajustados en la misma. Estos postizos o figuras definen en su interior las cavidades de las piezas y de los canales de llenado, en general se puede decir que uno será hembra y otro macho. La hembra suele situarse

# Capítulo I

---

siempre que sea posible en la parte fija del molde. Y el macho, llamado también corazón, suele ubicarse en la parte móvil.

Anillo centrador; el centrador sirve para centrar el molde en la máquina. Suele ser circular y sobresale de la placa base para entrar con ajuste con la platina fija de la máquina. Así, una vez centrado el molde, el cilindro de inyección de la máquina coincide con el orificio por donde tiene que entrar el plástico fundido en el molde.

Bebedero, canales de distribución y entradas; estos elementos son los huecos creados en el molde, que sirven para que el plástico fundido que es inyectado por el cilindro de inyección de la máquina, pueda llegar a través de ellos hasta los huecos que tienen la forma de la pieza. Se pueden encontrar en cualquiera de las dos mitades del molde.

Sistema de refrigeración; ambas partes del molde tienen una serie de circuitos, en el interior de la placa porta figuras que tienen las figuras de la pieza, por donde pasa el líquido refrigerante. Con este sistema, a una temperatura dada del líquido refrigerante y trabajando la máquina de forma continua en tiempo de un ciclo determinado, se establece un equilibrio entre la cantidad de calor que se suministra al molde con el plástico fundido y la cantidad de calor que le quitamos al molde con el líquido refrigerante.

Guías o columnas del molde; ambas partes del molde tienen un sistema de guías en una parte y de agujeros guía en la otra, que aseguran un perfecto acoplamiento de las partes, evitando movimientos de una parte respecto a la otra cuando recibe la presión del plástico fundido que llega a las cavidades. El número de guías y agujeros guía y su situación en los moldes depende del tamaño del mismo <sup>[20]</sup>.

# Capítulo I

---

## 1.4.2.1 Parte móvil del molde

Placa respaldo móvil; al igual que para la parte fija, sirve para su sujeción mediante bridas u otros elementos de fijación al plato móvil de la máquina de inyección. A diferencia de la anterior, esta placa normalmente no lleva centrador, pero lleva un orificio en su parte central que permite la entrada, por su zona posterior, del vástago expulsor de la máquina, hasta la placa expulsora del molde.

Placa expulsora; es una placa doble que lleva los expulsores y los recuperadores. Va guiada y se encuentra flotante en un determinado espacio dentro de esta mitad de molde. Su misión consiste en extraer la pieza, por medio de los expulsores que están unidos a ella, cuando el vástago de expulsión de la máquina hace presión sobre ella. Mediante los recuperadores se lleva a la placa expulsora a la posición de inicio en el momento del cierre de ambas mitades.

Expulsores; pueden tener diferentes formas, según la pieza, aunque lo común es que sean de forma cilíndrica o laminar. Tienen un extremo unido a la placa expulsora y formando el otro parte de la superficie de molde en contacto con el plástico.

Recuperadores; son barras cilíndricas de mayor tamaño que los expulsores, ubicadas fuera del área de la pieza del molde y su misión es evitar que los expulsores dañen el molde cuando se cierran ambas mitades. Se asegura así una recuperación de la placa expulsora y de los expulsores hasta su posición inicial.

Salida de gases; son pequeños alivios creados de forma precisa en el molde que están situados principalmente en las terminaciones del llenado de las piezas. Permiten que el aire que hay en los huecos de la cavidad a llenar, junto con los gases que se generan en la inyección, puedan salir del molde al exterior. Estas salidas son de tal tamaño que permiten que salgan los gases pero no el plástico [21].

# Capítulo I

---

## 1.4.2.3 Tipos de colada

Existen dos tipos de colada. La colada fría es el remanente de polímero solidificado que queda en los canales, y que es necesario cortar de la pieza final.

La colada caliente mantiene al polímero en estado fundido para continuar con la inyección. Con esta técnica se ahorra una considerable cantidad de plástico. Pero una de las desventajas es que los pigmentos deben tener mayor resistencia a la temperatura, además el polímero aumenta la resistencia térmica, el molde debe ser diseñado especialmente para esto y puede haber fluctuaciones en el ciclo de moldeo <sup>[22]</sup>.

La colada fría es un componente de la pieza inyectada, puede ser bastante grande y necesita ciclos de inyección más largos. Este sistema es aplicado a piezas pequeñas. Los canales fríos llevan el plástico a las cavidades del molde y no cuenta con sistemas de control de temperatura como los sistemas de colada y sistemas calientes. Las principales características de los moldes de inyección de plástico de colada canales fríos son:

- ⊗ Tiempos de ciclos más altos.
- ⊗ Mecanismo de desmolde complicado.
- ⊗ Gran cantidad de desperdicio de material (colada fría).
- ⊗ Dificil repetitividad del producto.
- ⊗ Distancias de aperturas del molde muy grandes.
- ⊗ Proyección y distribución de las cavidades compleja

Los tipos de colada más usados se muestran en la figura 16.

Colada de disco o diafragma; este tipo de colada es usada para llenar una sola cavidad simétrica. Las ventajas son la reducción de visibilidad de la línea de partición y la mejora del llenado de las cavidades.

# Capítulo I

---

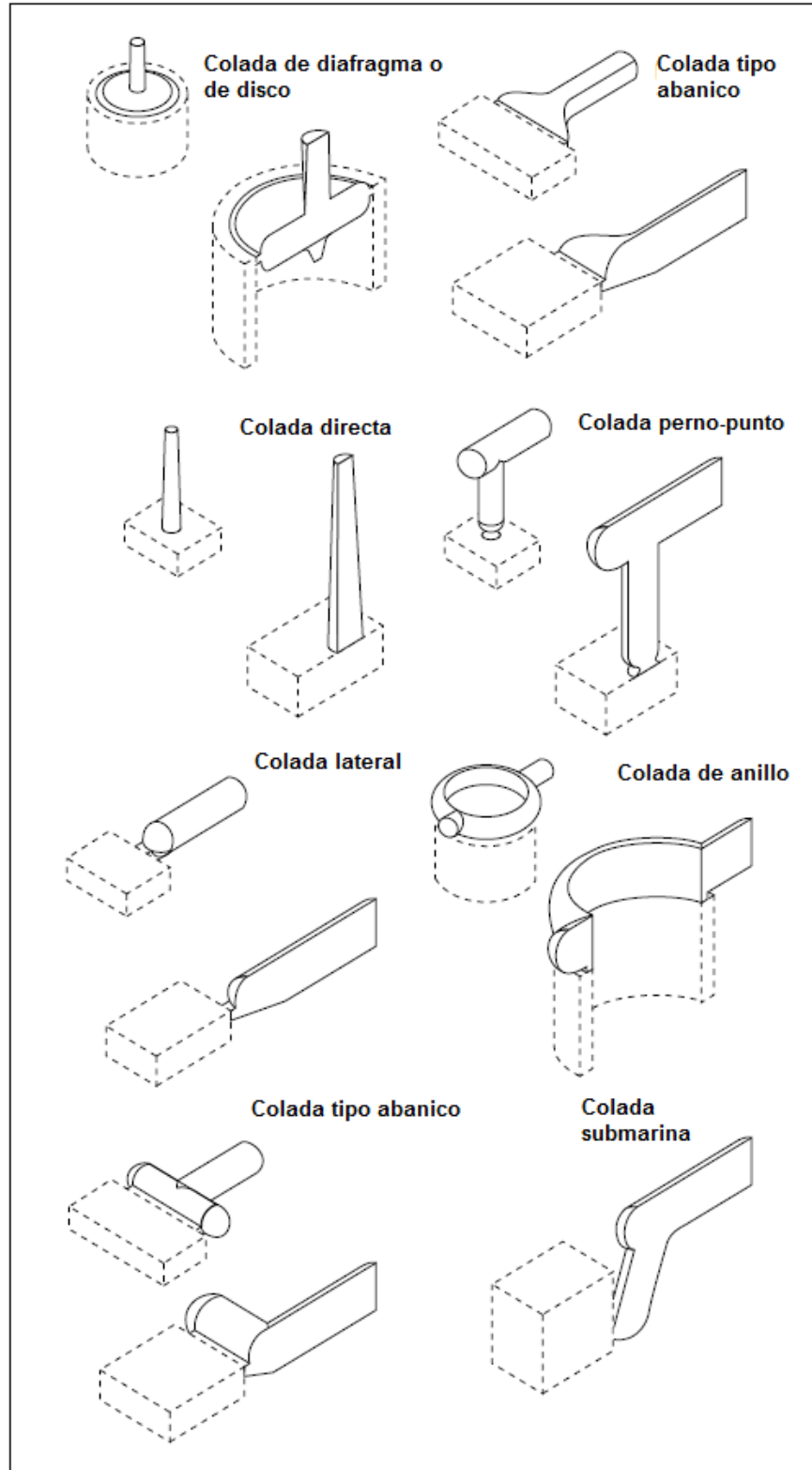
Colada directa; el bebedero se alimenta directamente en la cavidad del molde sin correderas. Este diseño frecuentemente deja marcas en la superficie de la pieza.

Colada tipo abanico; este tipo de colada se usa para ampliar el frente del flujo. Usualmente conduce a una reducción de la concentración de tensión en el área de la colada.

Colada perno-punto; esta colada es usada para moldes de tres placas.

Colada submarina; este tipo de colada está ubicada por debajo de la línea de partición del molde y su gran ventaja es que la pieza se separa automáticamente de ésta y sus marcas son poco perceptibles <sup>[23]</sup>.

# Capítulo I



**Figura 16.** Vista esquemática de los tipos de colada más usados <sup>[24]</sup>.

# Capítulo I

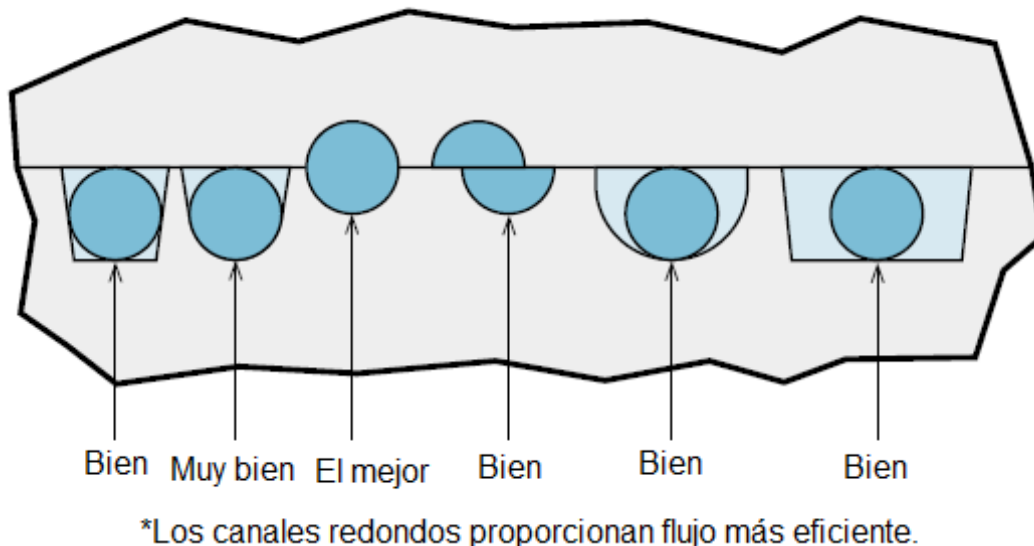
## 1.4.2.4 Sistema de alimentación

Para diseñar un buen sistema de alimentación se deben de seguir las siguientes recomendaciones:

- ⊗ Los canales de alimentación deben lo suficientemente grande para un flujo adecuado, mínima pérdida de presión y sobrecalentamiento.
- ⊗ El tamaño de los canales y la longitud deben de ser iguales con las demás [24].

Cada uno de estos factores puede afectar la calidad y el costo las piezas moldeadas. En la figura 17 se muestra la recomendación de los canales de alimentación.

La sección transversal de los canales de alimentación ideal es circular, ya que esto garantiza un flujo de masa fundida favorable y de enfriamiento. Sin embargo, se necesita un poco de más trabajo al construir este tipo de canales circulares ya que una parte tiene que ser mecanizada en la parte fija y la otra mitad en la parte móvil [25].



**Figura 17.** Canales de alimentación [25].



# Capítulo I

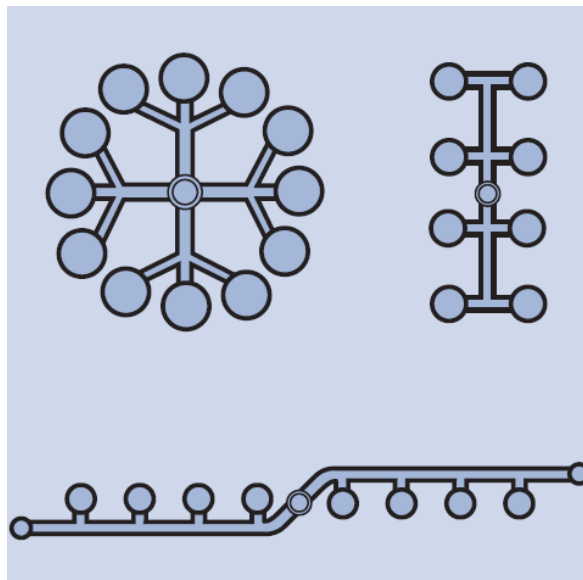
## 1.4.2.5 Diseño de los canales de alimentación.

Existen tres sistemas de diseño básico que se utilizan para cuando hay un molde de cavidades múltiples. Estos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- ∅ Sistema de canal estándar (espina de pescado).
- ∅ Sistema de canal “H” puente (ramificación).
- ∅ Sistema de canal radial (estrella).

En la figura 18 se mira un sistema de canal de alimentación desbalanceado que conduce a un llenado desigual, post-llenado y enfriamiento de cavidades individuales que pueden causar fallas como <sup>[26]</sup>:

- ∅ Llenado incompleto en las cavidades.
- ∅ Diferencias en las propiedades del producto, por ejemplo, pesos.
- ∅ Diferencias de contracción/deformación.
- ∅ Marcas de hundimiento.
- ∅ Dificultades al momento de expulsar la pieza.
- ∅ Inconsistencia en el llenado, afectando calidad del producto.

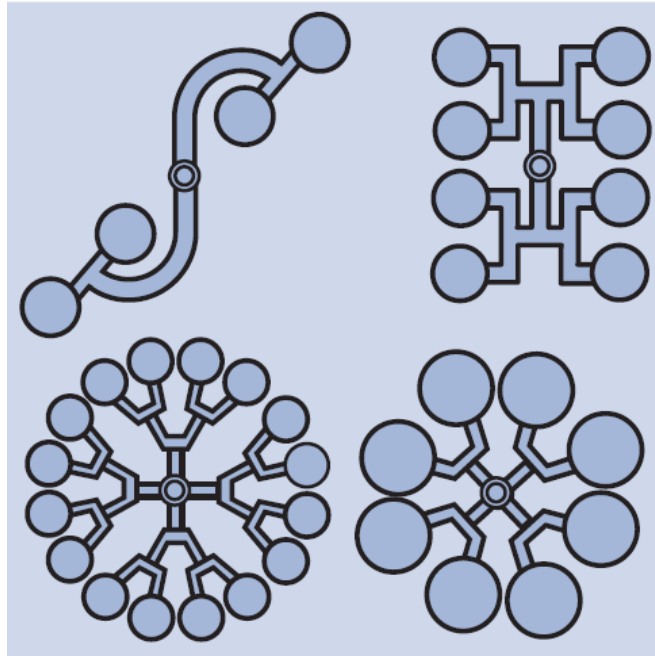


**Figura 18.** Ejemplo de un canal de alimentación desbalanceado <sup>[26]</sup>.

## Capítulo I

---

En la figura 19 se observa un sistema de alimentación muy bien balanceado:



**Figura 19.** Sistema de llenado naturalmente balanceado <sup>[26]</sup>.

Se debe tener en cuenta que los diámetros de los canales que no son utilizados comúnmente aumentarán los costes de fabricación y mantenimiento. Ajustando las dimensiones del canal de alimentación para obtener un llenado igual puede no ser suficiente en las zonas críticas para evitar posibles fallos. Se requiere una atención especial para:

- ⊗ Piezas muy pequeñas.
- ⊗ Piezas con secciones delgadas.
- ⊗ Piezas con una longitud mucho más grande en el canal principal que la longitud del canal secundario.

# Capítulo I

## 1.4.2.6 Materiales de construcción del molde

Los diseñadores de moldes consideran una gran variedad de factores cuando seleccionan el portamolde incluyendo, que el mecanizado sea fácil, una buena resistencia a la abrasión, dureza, resistencia a la corrosión, y durabilidad. Los metales pueden ir desde aleaciones blandas, bajo punto de fusión, de metal fundido, etc.

Los metales son elegidos en base no sólo en el costo, la fabricación, y los requisitos de rendimiento del molde o componente, sino también en la experiencia y el nivel de comodidad del diseño <sup>[27]</sup>. Algunos aceros utilizados se presentan en la siguiente tabla.

<b>Acero para moldes</b>	
<b>Componentes del molde</b>	<b>Acero</b>
Insertos cavidad	P20, H13, S7, L6, A2, A6, P2, P6, 420SS
Placa cavidades	P20, H13, S7, 420SS
Placas respaldo fijo y móvil	P20, H13, S7
Insertos corazones	P20, H13, S7, L6, A2, A6, P2, P6, 420SS
Botadores	Nitrurados H13
Placas botadoras	P20, H13, S7
Pernos guía y bujes	O1, A2, P6
Recuperadores	Nitrurados H13
Extractores	O1, O2, L6, A2, A6, S7, P6

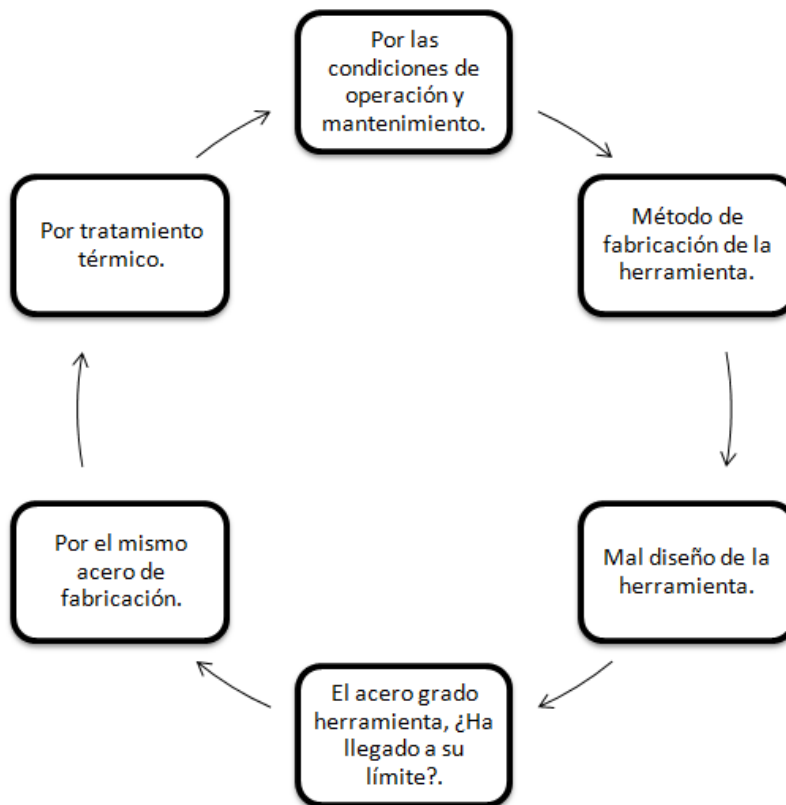
**Tabla 1.** Aceros utilizados en construcción de moldes <sup>[28]</sup>.

# Capítulo I

## 1.5 ¿Por qué puede fallar un molde de inyección?

Los moldes están sujetos a cargas extremas que generan desgaste a partir de procesos de rodamiento, deslizamiento, choque y dinámica de flujo de los materiales a inyectar; los costos de reparación por dichos factores pueden sobrepasar el valor inicial de la herramienta, por lo cual es importante poseer una metodología de mantenimiento para esta y así prevenir daños graves en un futuro (ver figura 20).

Los tipos de desgaste más comunes en los moldes de inyección de plástico pueden dividirse entre los que son causados por un desgaste erosivo, evidenciado por ondas, cavidades y “lavados” del material del molde, y/o los ocasionados por el desgaste abrasivo, generado por rayas e incrustación de material <sup>[29]</sup> <sup>[30]</sup>.



**Figura 20.** ¿Por qué pueden fallar los moldes?

# Capítulo I

## 1.5.1 Aceros especiales para la manufactura de herramientas

### 1.5.1.1 Factores generales a los que se exponen los herramientas

Los factores a los que los herramientas se exponen se muestran en la figura 21 y 22.



Figura 21. Aceros de trabajo en frío.

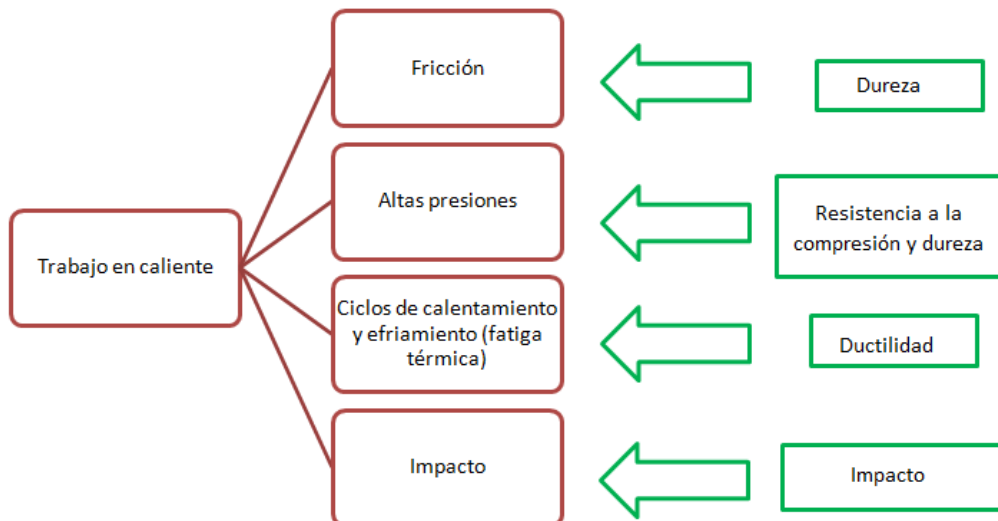
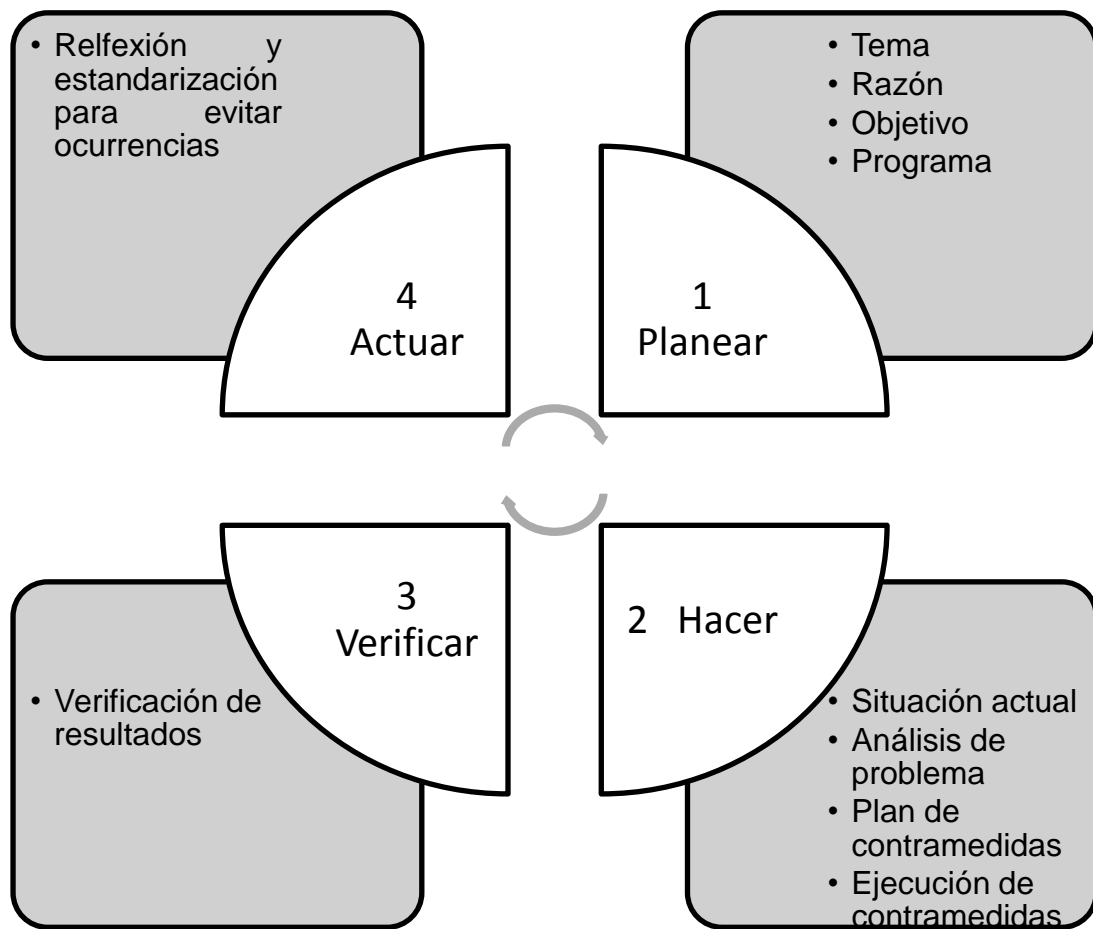


Figura 22. Aceros de trabajo caliente.

# Capítulo I

## 1.5.2 El círculo de Deming

El círculo de Deming (ver figura 23) representa los pasos de un cambio planeado, se utiliza para llevar a cabo la mejora continua y lograr de una forma sistemática y estructurada la resolución de problemas.



**Figura 23.** Círculo de Deming, adaptación <sup>[31]</sup>.

El círculo de Deming consiste en cuatro etapas:

- ∅ **Planear:** Se definen los planes y la visión de la meta que tiene la empresa. Una vez que se ha establecido el objetivo, se hace un diagnóstico para saber la situación en la que se encuentra la organización y las áreas que es necesario mejorar, definiendo la problemática y el impacto que tiene. Por

# Capítulo I

---

último se desarrolla una teoría de posible solución para mejorar un punto y se establece un plan de trabajo.

- ⊗ Hacer: En esta etapa se lleva a cabo el plan de trabajo que anteriormente se desarrolló, junto con algún control para asegurarse que el plan se está realizando según lo acordado.
- ⊗ Verificar: Se hace una comparación de los resultados que se obtuvieron, para esto antes se debió haber establecido un indicador de medición, ya que si no hay algo que se pueda medir, no se puede mejorar de una forma sistemática.
- ⊗ Actuar: Con esta etapa se concluye el ciclo de Deming: si al verificar los resultados se logró lo que se tenía planeado entonces se sistematizan y documentan los cambios que hubo; pero si al verificar se nota que no se logró lo que se tenía planeado, se tiene que actuar rápidamente y corregir la teoría de la solución y establecer un nuevo plan de trabajo <sup>[31]</sup>.

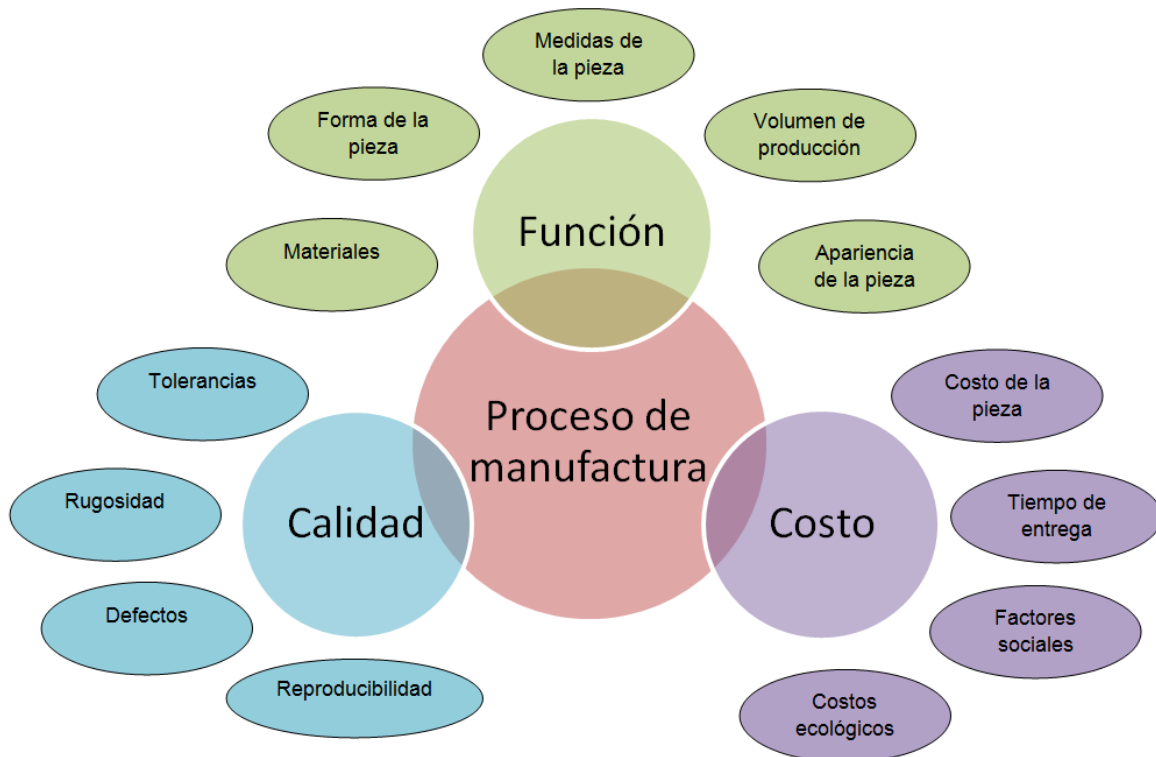
## Capítulo II

### CAPÍTULO II. REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE, DISEÑO DEL PRODUCTO Y DESARROLLO DE LA ESPECIFICACIÓN.

#### 2.1 Triángulo del diseño de la manufactura

Para el diseño y la fabricación de moldes de inyección es necesario tomar en cuenta la figura 24, ya que con este diagrama además de conocer el tipo de material, la forma y el tamaño de la pieza es posible estimar el volumen de producción y otros datos importantes.

En cuanto a la calidad es posible analizar el acabado que va a tener la pieza. Un aspecto importante dentro de este punto son las tolerancias definidas ya que entre más cerradas se encuentren, el precio del producto se incrementa. Además considera este esquema los tiempos de diseño y de fabricación que serán llevados a cabo para tener completo un molde, así como también tiempos de entrega al cliente.

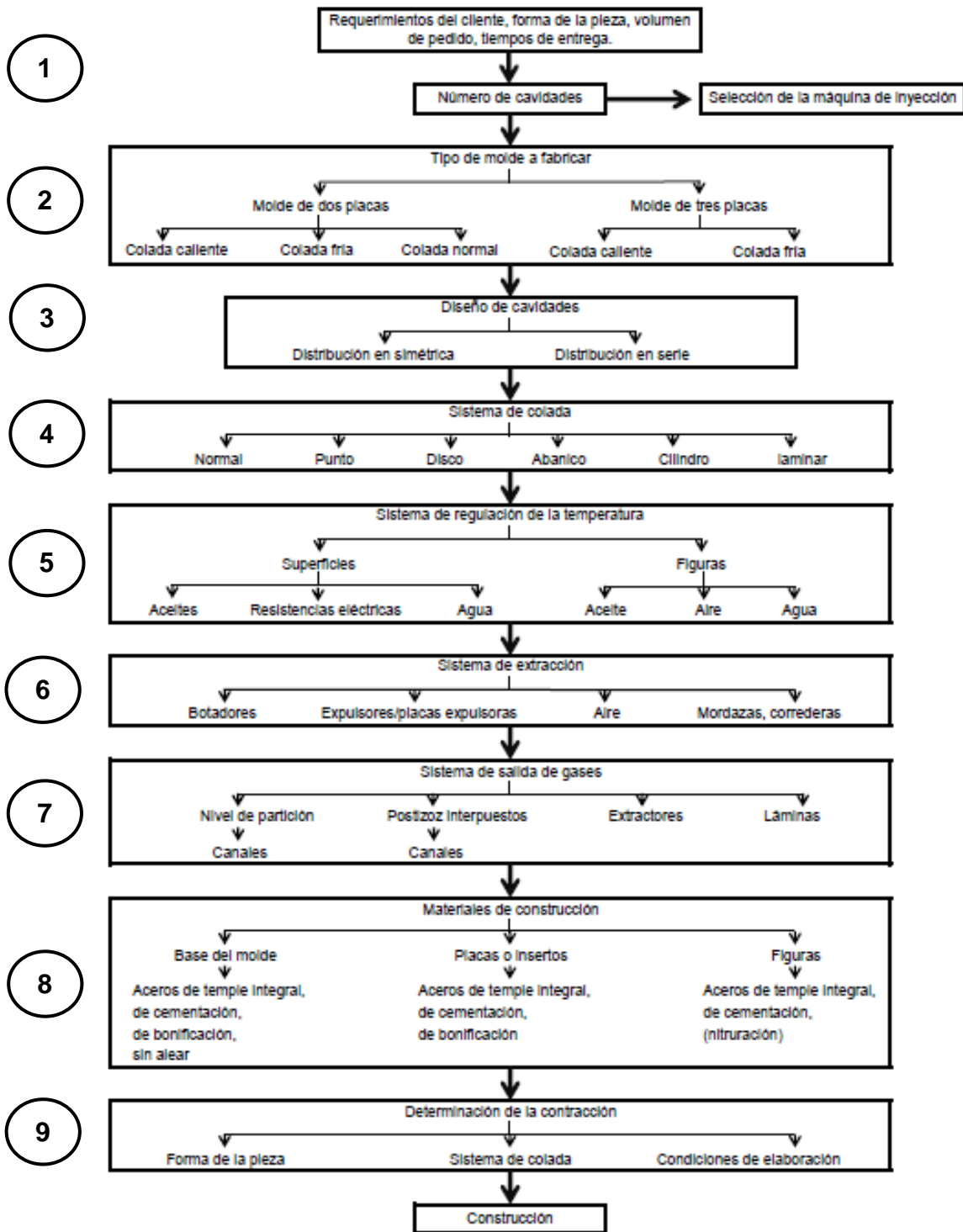


**Figura 24.** Triángulo del diseño de la manufactura.



## Capítulo II

Los pasos a seguir para un buen diseño de un molde de inyección son los siguientes (ver figura 25):



**Figura 25.** Pasos para el diseño de un molde de inyección.

## Capítulo II

---

### 2.2 Necesidades y especificaciones del cliente.

La necesidad que el cliente tiene es la de contar con una pieza plástica para poder vender su producto final, por desgracia no es posible contar con el diseño 3D ni mucho menos con planos que muestren medidas que pudieran utilizarse y que faciliten la fabricación de un molde de inyección de dos cavidades para el producto llamado porta-cera.

Con la situación descrita anteriormente, la propuesta planteada fue hacer la ingeniería inversa del producto por medio de una muestra proporcionada por el cliente.

Tener en cuenta que para poder hacer ingeniería inversa es necesario contar con equipos de medición que estén calibrados y que sean de precisión, esto es para evitar problemas y defectos de medidas en la pieza final, por ejemplo, que no ensamblen las dos partes.

La pieza plástica proporcionada por el cliente se observa en la figura 26, 27 y 28 estas con diferentes vistas.



**Figura 26.** Muestra proporcionada por el cliente <sup>[32]</sup>.

## Capítulo II

---



**Figura 27.** Vista interna del producto plástico <sup>[32]</sup>.



**Figura 28.** Vista externa del producto plástico <sup>[32]</sup>.

En las imágenes anteriores es mostrado el producto plástico que el cliente otorgó a la empresa, el cual ha sido utilizado como muestra maestra para tener una base y comenzar con la ingeniería inversa.

La pieza es un solo componente pero al mismo tiempo está compuesta por una base y por otra que funciona como tapa, las dos partes están unidas por medio de una cinta.

## Capítulo II

Las especificaciones que el cliente planteó son las siguientes:

2.2.1. Material del producto: PP HG009 (ver figura 29).

# HG009

### HOJA DE DATOS DE PRODUCTO

Homopolímero de Polipropileno Grado Inyección.

Valtec es una nueva presentación para resina de polipropileno. Se produce en Indelpro usando el proceso Spheripol. Comparado con el polipropileno en gránulo (pellet), el Valtec puede mostrar ventajas en términos de mejoramiento de productividad, mejor procesamiento y menor consumo de energía. El Valtec HG009 es un homopolímero particularmente apropiado para el moldeo por inyección.

La resina base de este producto, cumple con los requerimientos contenidos en el código 21 CFR 177.1520 (a) (1) (i) y (c)1.1a. Y de acuerdo a nuestra información, los demás ingredientes utilizados en este producto cumplen con los requerimientos regulados con respecto a FDA y en 21 CFR 177.1520(b). Este producto cumple con el criterio de FDA en 21 CFR 177.1520 para aplicaciones de contacto con alimentos, listados para condiciones de uso C, D, E, F, G, H en 21 CFR 176.170 (c), Tabla 2 y puede ser usado en contacto con todo tipo de alimentos, listados en 21 CFR 176.170 (c), Tabla 1.

#### Características:

- Amplio rango de procesamiento.
- Mejores propiedades físicas y mecánicas.
- Mejor brillo y acabado.
- Reducción de ciclos, en algunos casos.
- Reducción de energía, en algunos casos.

#### Aplicaciones Típicas:

- Productos y utensilios para el hogar.
- Juguetes.
- Equipo de seguridad.
- Tapas.
- Recipientes para medicinas y cosméticos.

VALTEC HG009: USOS GENERALES, FLUIDEZ MEDIA, APROPIADO PARA CONTACTO CON ALIMENTOS.

PROPIEDADES TÍPICAS (a)	VALOR TÍPICO	METODO ASTM (b)
- Índice de fluidez (MFR), dg/min	6.5	D1238 (b)
- Resistencia a la tensión en el punto de cedencia, N/mm <sup>2</sup> (psi)	32 (4,640)	D638
- Resistencia al impacto Izod con muesca a 23° C, J/m (ft-lb/in)	17 (0.32)	D256A
- Alargamiento en el punto de cedencia, %	11.1	D638
- Módulo de flexión, N/mm <sup>2</sup> (psi)	1,181 (171,390)	D790B
- Densidad, g/cm <sup>3</sup>	0.9	D792A
- Dureza Rockwell, escala R	95	D785A
- Punto de ablandamiento VICAT (2kg/mm <sup>2</sup> ), °C (°F)	151 (305)	D1525
- Temperatura de deflexión a 0.45 N/mm <sup>2</sup> (66 psi), °C (°F)	89 (192)	D648

(a) Los valores mostrados aquí son promedios y no deberán ser interpretados como especificación.

(b) Los Métodos de prueba ASTM son los últimos editados por la sociedad.

(c) Medida a 230°C bajo una carga de 2.160 kg.

Con excepción de lo descrito aquí, INDELPRO, S.A. de C.V. no da garantías adicionales expresas o implícitas, como por ejemplo, garantías de comercialización o de aplicaciones específicas en el uso de este material. La solución a cualquier reclamación con respecto al material, es la reposición del mismo y en ningún caso INDELPRO, S.A. de C.V. será responsable de daños incidentales o consecuentes. El uso de este producto indica la aceptación de lo anteriormente mencionado.

MP: Valtec es una marca registrada de basell Polyolefins Incorporated.  
Producto fabricado en MEXICO bajo las normas y estándares acordados con basell Polyolefins.

Impreso en México  
002938

Figura 29. Hoja de datos de producto [33].

Es un polipropileno en forma esférica que comparado con el polipropileno en granulo (pellet) puede mostrar ventajas en términos de mejoramiento de

Necesidades y especificaciones del cliente

## Capítulo II

---

productividad, procesamiento y menor consumo de energía. El polipropileno HG009 es un homopolímero particularmente apropiado para el moldeo por inyección <sup>[33]</sup>.

La resina base de este producto cumple con los requerimientos FDA contenidos en el código 21 CFR 177.1520 <sup>[33]</sup>.

Características:

- ⊗ Amplio rango de procesamiento.
- ⊗ Mejores propiedades físicas y mecánicas.
- ⊗ Mejor brillo y acabado.

2.2.2. Color del producto.

CROPP ROJO

El color utilizado para la inyección de las piezas fue rojo, esto debido a que la mayor parte estos productos son de ese pigmento y además porque ese color es representativo para la empresa.

2.2.3. Producción de piezas al mes.

10,000 piezas por mes

Este aspecto que definió el cliente fue muy importante, porque con este dato se calculó el tiempo que se iba a tardar para poder fabricar las piezas, así como también el costo por cada una y el material necesario por cada lote de producción. El formato de cotización se muestra en la figura 30.

## Capítulo II

### FORMATO DE SOLICITUD DE COTIZACIÓN DE MAQUILAS

<b>DATOS GENERALES</b>		VENDEDOR: <u>CVC</u>
CLIENTE: _____		FECHA: <u>20/03/2014</u>
CONTACTO: _____		TELÉFONO: _____
<b>DATOS DE LA PIEZA</b>		
NOMBRE O NUMERO DE PARTE: <u>PORTA CERA</u>		
PESO DE LA PIEZA <u>7.96</u> gramos		
COLADA <u>3.00</u> gramos	ESTIMADA	
TIEMPO DE CICLO <u>18</u> segundos		
MATERIAL	PROPORCIONADA POR: <u>NOSOTROS</u>	CLIENTE <u>X</u>
PIEZAS SOLICITADAS <u>10,000</u>	<b>Mensuales</b>	
No. CAVIDADES <u>2</u>		¿NO FUNCIONAN ? _____
MATERIAL A INYECTAR <u>PP ROJO</u>	GRADO <u>HG009</u>	COLOR _____ NATURAL
	GRADO _____	
MAQUINA EN QUE SE INYECTARÁ <u>BOY 90 E</u>	TAMAÑO DE PLATINAS _____	
<b>TÉRMINOS Y CONDICIONES</b>		
TIEMPO DE ENTREGA: <u>N.D.</u>	SEMANA _____	LUGAR: <u>NUESTRA PLANTA</u>
PRECIO DE VENTA: _____	pesos/pza	
<b>NOTAS</b>		

#### CALCULOS

TIPO DE CAMBIO \$/USD	13.00		
<b>TIEMPO</b>		EFFECTIVIDAD	90%
Tiempo estimado de producción	25 HORAS		
	3.13 Turnos	1.16 días	
Ingresos por maquila	-----	PESOS MAQUILA	
Cantidad de material	-----		

**Figura 30.** Formato de cotización de maquilas <sup>[32]</sup>.

Nota: Por cuestiones de confidencialidad no son mostrados datos de precios tanto de costo de maquila, de molde, máquina, mano de obra, flete, empaque y costo por pieza.

## Capítulo II

---

### 2.3 Equipos y herramienta

Los equipos y la herramienta a utilizar en este proyecto son con los que cuenta la empresa fabricante de moldes de inyección.

#### Equipos de medición

- ⊗ Calibrador Vernier digital.
- ⊗ Micrómetro de exteriores, interiores,
- ⊗ Comparador óptico.
- ⊗ Indicadores de carátula.

#### Herramientas de diseño

- ⊗ CAD
- ⊗ CAM

#### Porta-molde

- ⊗ Aceros para cavidades y corazones
- ⊗ Cobre
- ⊗ Botadores

#### Fresadora CNC

- ⊗ Mesa
  - ⊗ Longitud            1321 mm
  - ⊗ Ancho                457 mm
- ⊗ Centro de mecanizado vertical tiene 1270 x 508 x 635 mm viajes X, Y y Z
- ⊗ Avances
  - ⊗ Rápidos en X            25,4 m / min
  - ⊗ Rápidos en Y            25,4 m / min
  - ⊗ Rápidos en Z            25,4 m / min
  - ⊗ Corte Max                16,5 m / min
- ⊗ Cambio de herramienta tipo carrusel
  - ⊗ Capacidad            20 herramientas

## Capítulo II

---

∅ Valor máximo de herramienta diámetro (completo)	89 mm
∅ Máximo peso de la herramienta	5,4 kg

### Fresadora vertical

∅ Superficie de la mesa	254 x 1270 mm
∅ Carreras X, Y y Z	783 x 410 x 470 mm
∅ Velocidad de husillo	50-3300 rev/min
∅ Dimensiones	2572 x 2300 x 2375 mm
∅ Peso	1550 kg

### Torno convencional

∅ Volteo sobre la bancada	410 mm
∅ Volteo sobre el carro	240 mm
∅ Volteo sobre el escote	595 mm
∅ Distancia entre puntos	1,000 mm
∅ Paso de barra	52 mm
∅ Rango de velocidades	24 - 1,600 rpm
∅ Viaje del carro transversal	230 mm
∅ Viaje del carro auxiliar	120 mm
∅ Motor principal	5.5 hp
∅ Peso	1,700 kg

### Rectificadora plana

∅ Tamaño de la mesa	300 x 600 mm
∅ Capacidad de rectificado (ancho x largo)	305 x 610 mm
∅ Viajes rápidos	3.5 m/min
∅ Velocidad del husillo	1,750 rpm
∅ Tamaño de la piedra (Día. x ancho x agujero)	355 x 50 x 127 mm
∅ Motor	7.5 hp
∅ Peso	2,700 kg



## Capítulo II

---

### Electroerosionadora por penetración

∅ Dimensiones del tanque de trabajo	100 x 600 x 415 mm
∅ Máx. peso de la pieza	500 kg
∅ Tamaño de la mesa	700 x 400 mm
∅ Viajes X, Y y Z	400 x 300 x 200 mm
∅ Viaje del husillo	200 mm
∅ Máx. carga del electrodo	60 kg
∅ Distancia de mesa porta electrodos	250 - 650 mm
∅ Máx. velocidad de corte	3.06 g / min
∅ Amperaje de trabajo	30, 50 ó 75 A
∅ Capacidad del tanque	600 l
∅ Peso	1,500 kg

## Capítulo II

---

### 2.4 Diseño del producto plástico

Antes que nada para poder hacer una ingeniería inversa en la empresa fabricante de moldes, es necesario pesar la muestra plástica que cada cliente proporciona.

Esto es con el fin para cuando la pieza 3D sea finalizada pueda hacerse una comparación de pesos con la pieza física, si existe mínima variación en cuanto a peso quiere decir que la ingeniería inversa es correcta y que las medidas dimensionales realizadas fueron las adecuadas.

Además el peso obtenido se convierte en una meta para la empresa porque la pieza plástica fabricada debe de pesar igual o poco menos que la muestra y el beneficio se refleja en el precio.

La Figura 31, muestra la báscula analítica utilizada en la empresa para pesar el producto plástico y el peso resultante fue de 8.12 (kg).



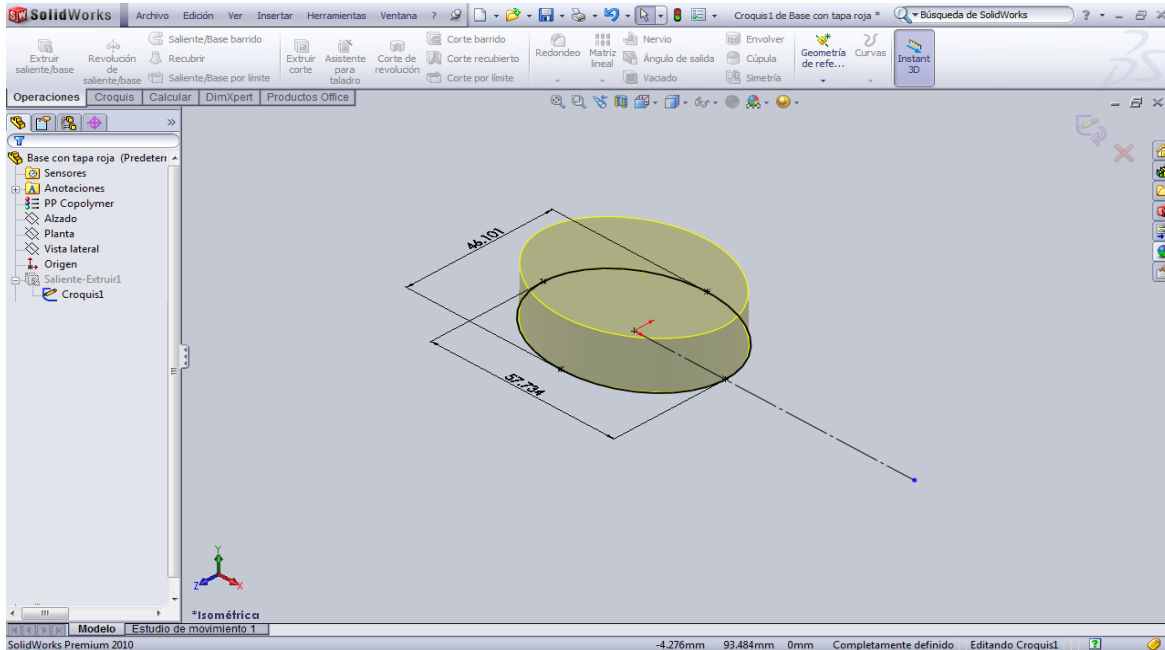
**Figura 31.** Báscula analítica <sup>[34]</sup>.

Una vez obtenido el peso de la pieza procede la ingeniería inversa y el instrumento de medición que sirvió de apoyo fue un calibrador vernier, con este fueron medidos espesores de paredes y alturas del producto.

## Capítulo II

El comparador óptico es utilizado a menudo para medir piezas pequeñas cuando los métodos tradicionales ya no son útiles. Para este proyecto el comparador fue un auxiliar en la medida de grados de salida que debe tener la pieza para evitar que se quede atorada en el molde al momento de ser expulsada.

Al mismo tiempo de la medición de una pieza es preferible hacer el diseño de la misma, esto con ayuda de un programa de diseño CAD (ver figura 32).



**Figura 32.** Croquis inicial del diseño [32].

La imagen anterior muestra el croquis de una parte de la pieza plástica que está siendo diseñada, las medidas que están plasmadas en el dibujo son las obtenidas de la medida dimensional realizada a la muestra. Una vez finalizada la primera parte de la pieza, en este caso llamada base, prosigue el diseño de la cintilla ésta es la que tiene unida las dos piezas (ver figura 33).

## Capítulo II

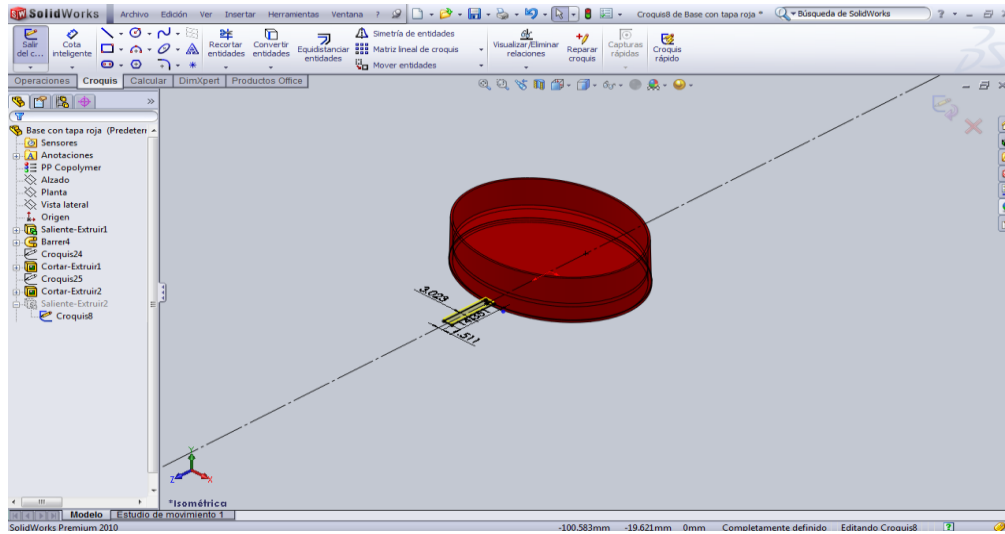


Figura 33. Extrusión de la base y croquis de cintilla [32].

Después de haber finalizado con la cintilla continúa la otra parte de la pieza conocida como tapa, es la que no va a permitir que el producto esté en contacto con la intemperie. Como muestra la figura 34, prácticamente la pieza está finalizada. Las dos partes están terminadas junto con los detalles incluyendo el color (ver figura 35).

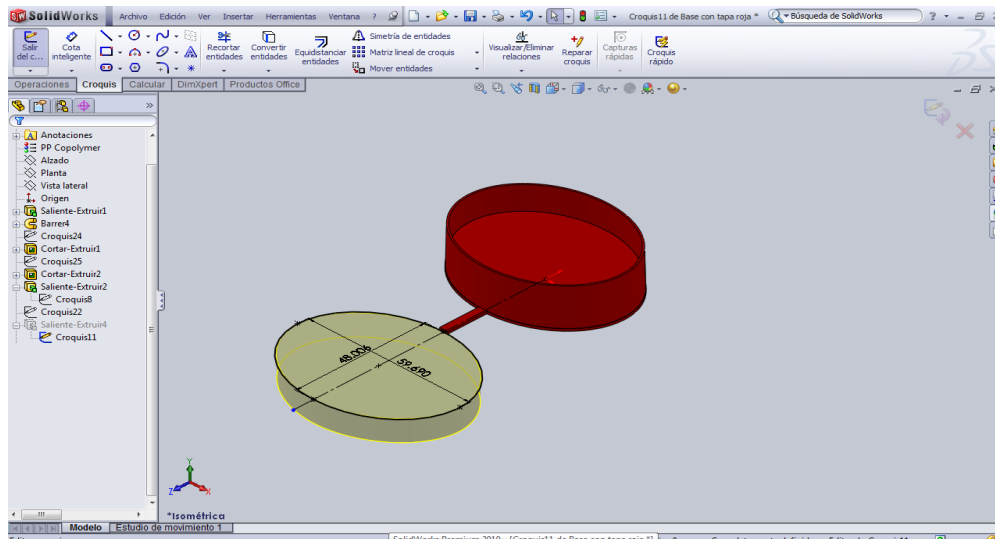
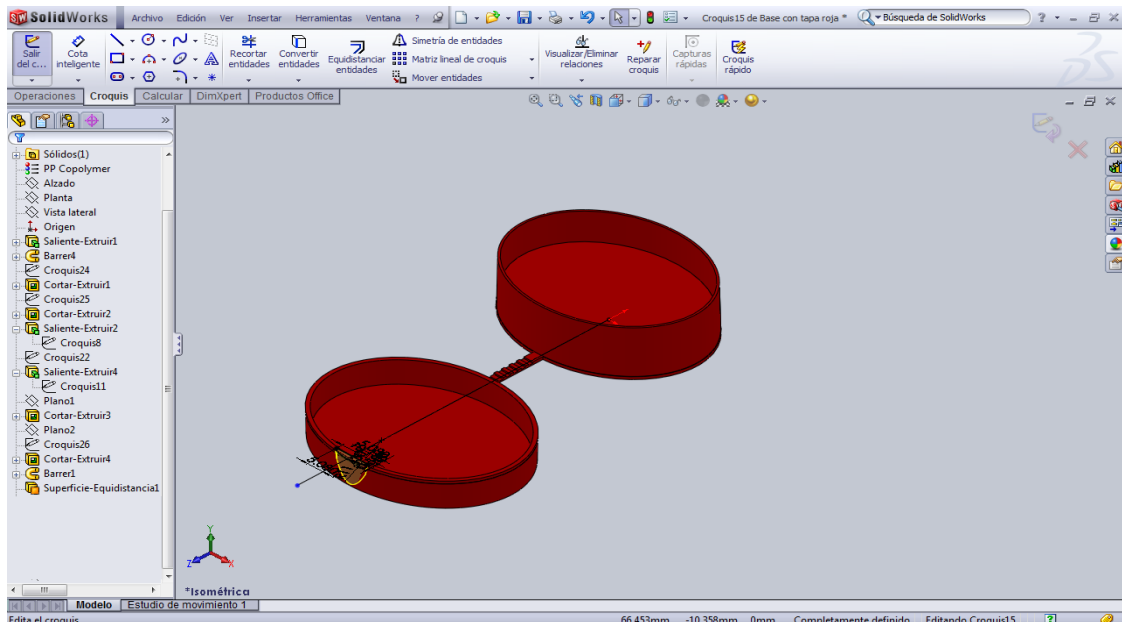


Figura 34. Croquis de la segunda parte de la pieza [32].

## Capítulo II



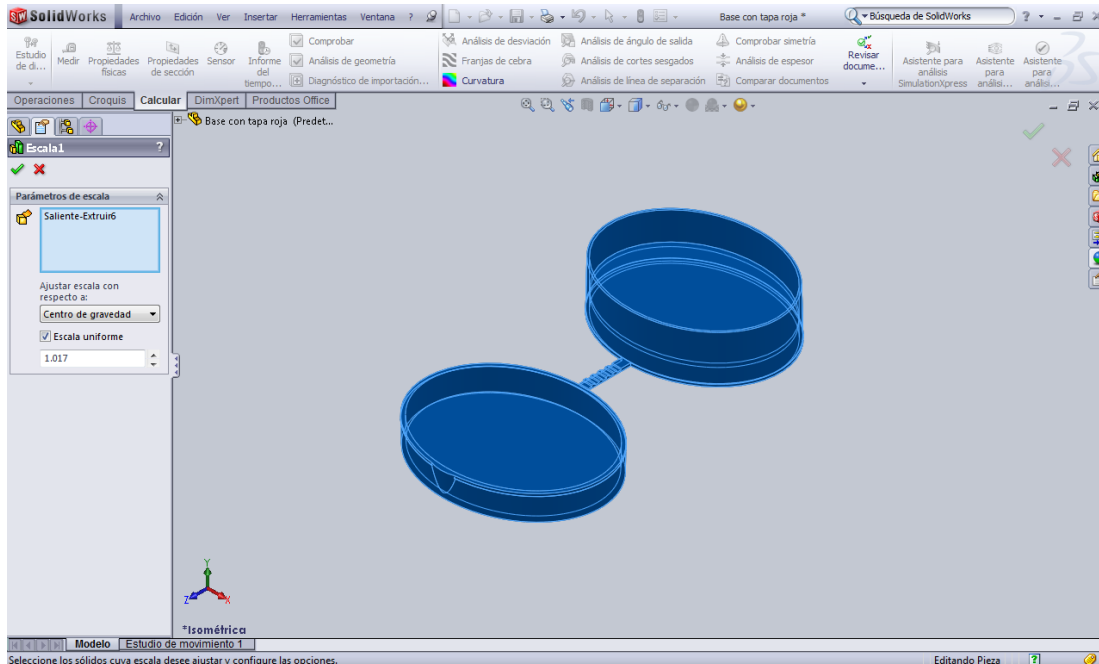
**Figura 35.** Extrusión de la tapa <sup>[32]</sup>.

Por último para que la pieza quede completamente definida únicamente falta aplicar el tipo de material del producto que en este caso es polipropileno (PP), cuando es aplicado el tipo de material es posible saber el peso. El resultado obtenido fue de 8.10 gramos mientras que la pieza física pesó 8.12 gramos, lo que resulta que las dimensiones del dibujo 3D está bien.

Otro aspecto importante que no puede faltar es la contracción de la pieza, esto es sustancial para el diseño de moldes y en este caso el 1.7% de contracción fue utilizado, ya que el polímero utilizado fue un PP y su rango de contracción va de 1 a 2.5% (Ver figura 36). (La contracción del 1.7% fue definida por la empresa fabricante del molde de acuerdo la experiencia obtenida).

Un error común en el diseño de moldes de inyección, es no poner contracción a la pieza 3D y cuando es inyectada como resultado sale más pequeña en cuanto a dimensiones.

## Capítulo II



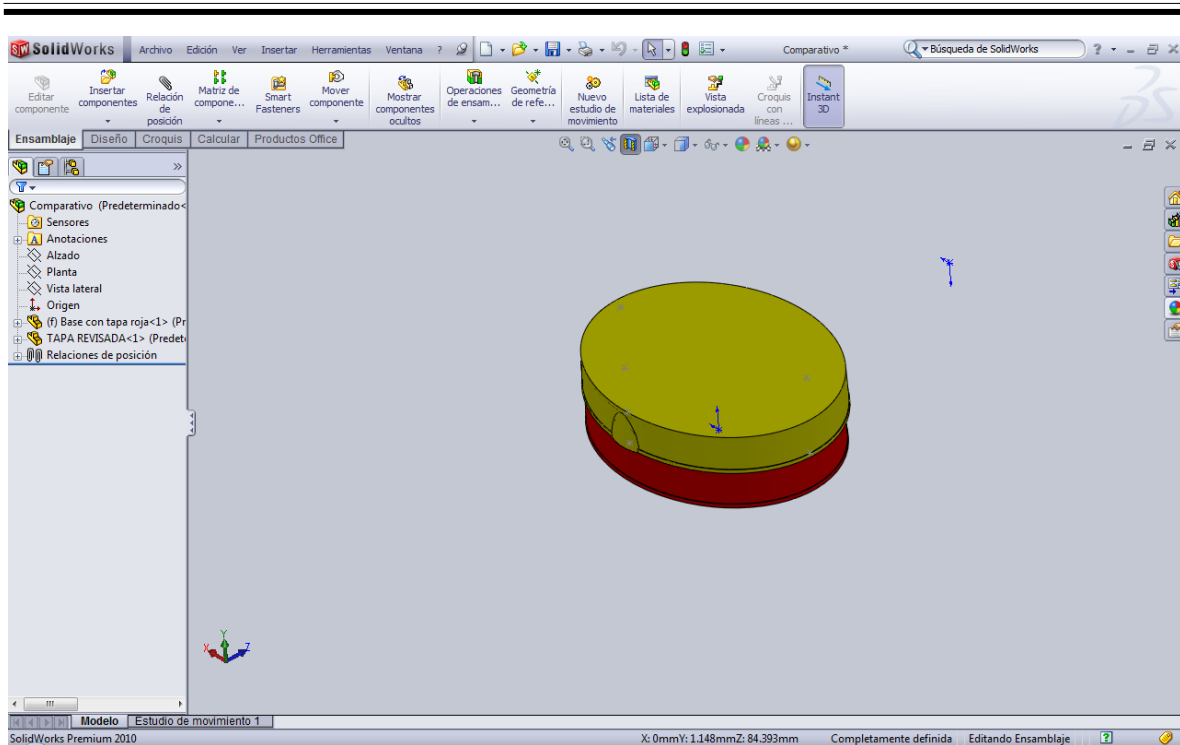
**Figura 36.** Pieza con contracción [32].

Una vez finalizada la ingeniería inversa de la pieza continuar con el ensamble de la base y de la tapa, esto para asegurar que los dos componentes ensamblan correctamente. Como recomendación esto debe hacerse cuando las piezas van a estar ensambladas, por lo regular para evitar fuga de producto.

Como muestra la figura 37, la base es de color rojo y la tapa de color amarillo, esa diferencia de color es para hacer simple la verificación del ensamblado.

Con este tipo de simulaciones pueden prevenirse problemas de diseño y re-trabajos que desde un principio no fueron analizados.

## Capítulo II



**Figura 37.** Ensamble de la pieza plástica<sup>[32]</sup>.

Una vez terminado el análisis de las piezas ensambladas, el personal de calidad revisa el diseño para su posterior aprobación. En este proceso todas las dimensiones del producto son analizadas y estas van desde espesores de paredes, altura, peso, etc.

Cuando la pieza ha sido revisada por el personal de calidad y esta fue aprobada los dibujos 2D de la pieza comienzan por hacerse, los cuales son realizados por el mismo programa de diseño.

En este tipo de planos es colocada toda la información necesaria de la pieza plástica como son, las medidas, el punto de inyección, el peso de la pieza 3D/Física, material del producto, nombre de la parte, acabado, etc. Esta información es necesaria en el plano para mandarla al cliente para su aprobación (ver figura 38).

# Capítulo II

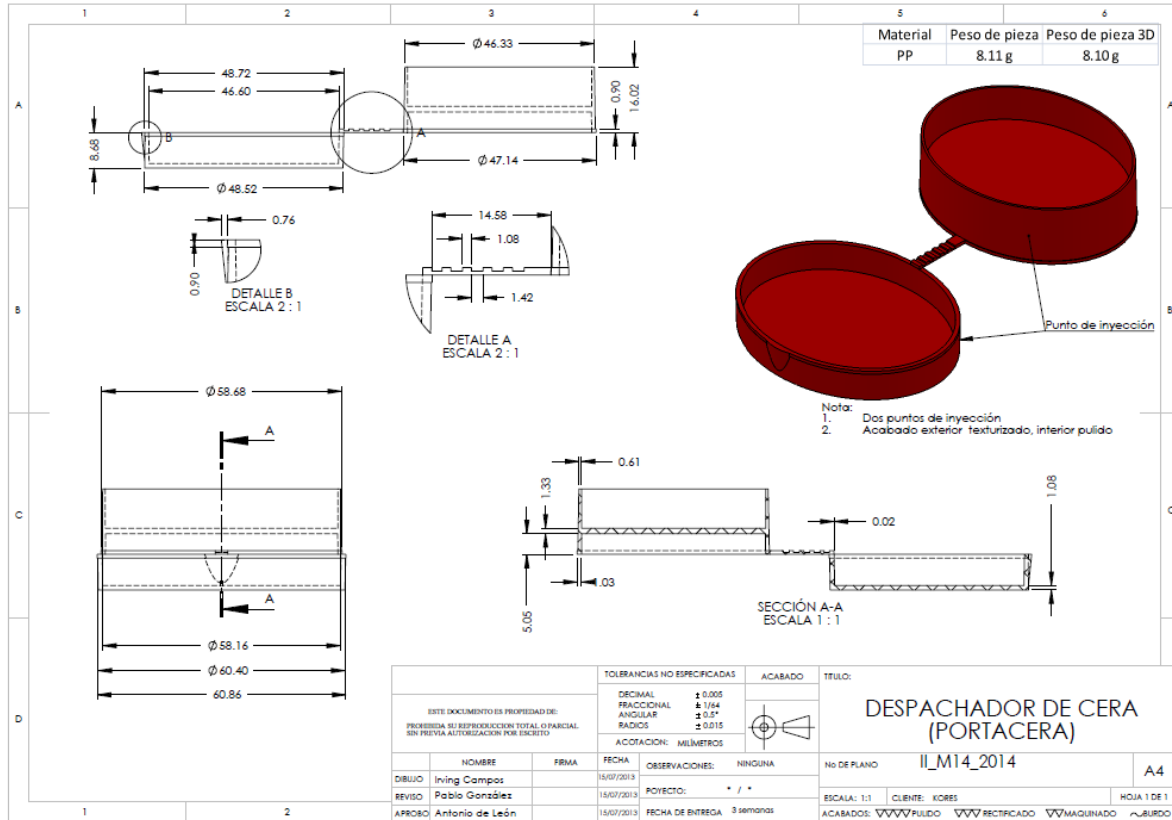


Figura 38. Plano 2D de la pieza [32].

En la figura 38, es presentado el plano 2D de la pieza plástica el cual ya está terminado. Este también fue revisado por el departamento de calidad y el resultado fue satisfactorio.



# Capítulo II

## 2.5 Revisión del diseño con el cliente y aprobación

Una vez que el diseño 3D y 2D de la pieza han sido revisados y aprobados internamente en la empresa, el siguiente paso es enviar el plano al cliente, para que lo revise a detalle y firme de autorizado los planos. Los planos enviados al cliente no tienen la contracción dada a la pieza, esto es para que vea las medidas que va tener la pieza cuando sea moldeada.

Enviados los planos espera la respuesta del cliente, por lo regular vuelven a mandar el plano con la nota de aprobado y es este plano que se toma como patrón para cualquier duda y aclaraciones que surjan (ver figura 39). Las modificaciones en este plano son nulas a menos que el cliente lo autorice.

Una vez aprobada la ingeniería inversa de la pieza es comenzado el diseño del molde de inyección y la fabricación del mismo.

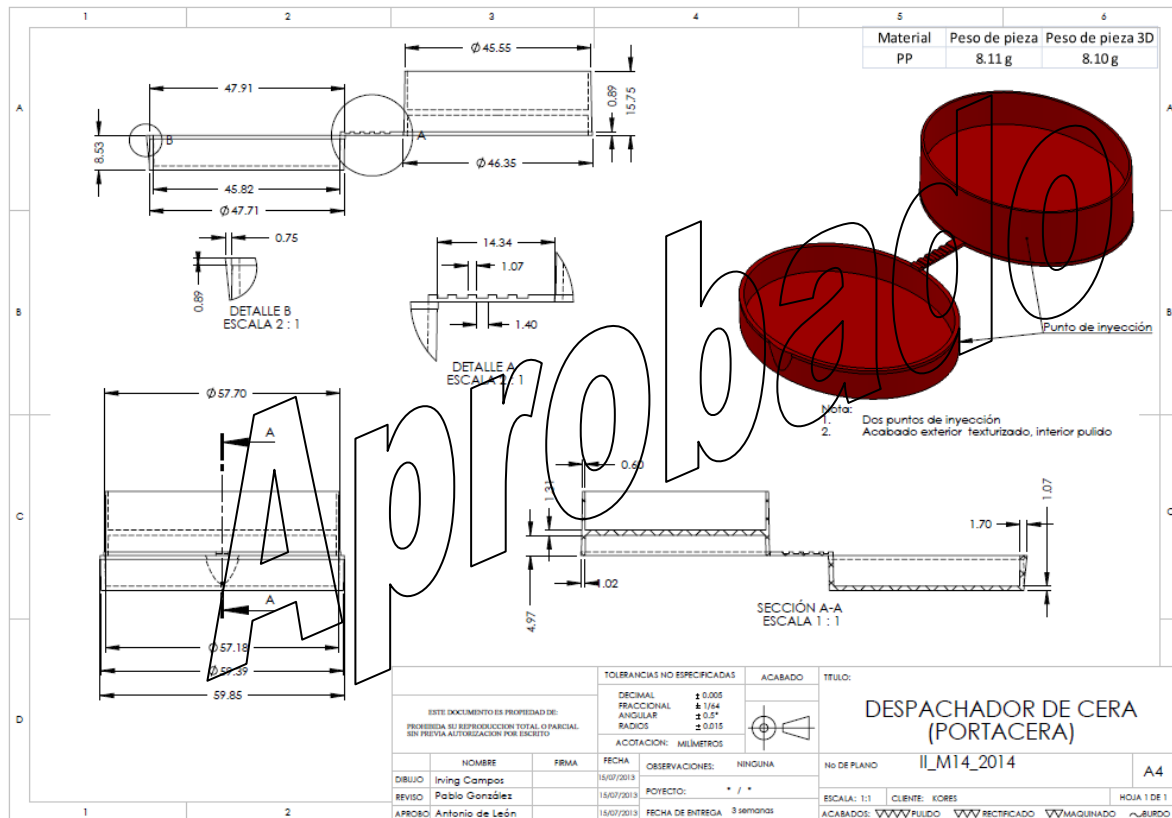


Figura 39. Plano aprobado por el cliente [32].

# Capítulo III

## CAPÍTULO III. DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MOLDE Y HERRAMENTALES.

### 3.1 Vista explosionada de las fases de diseño y fabricación

#### Fase 1

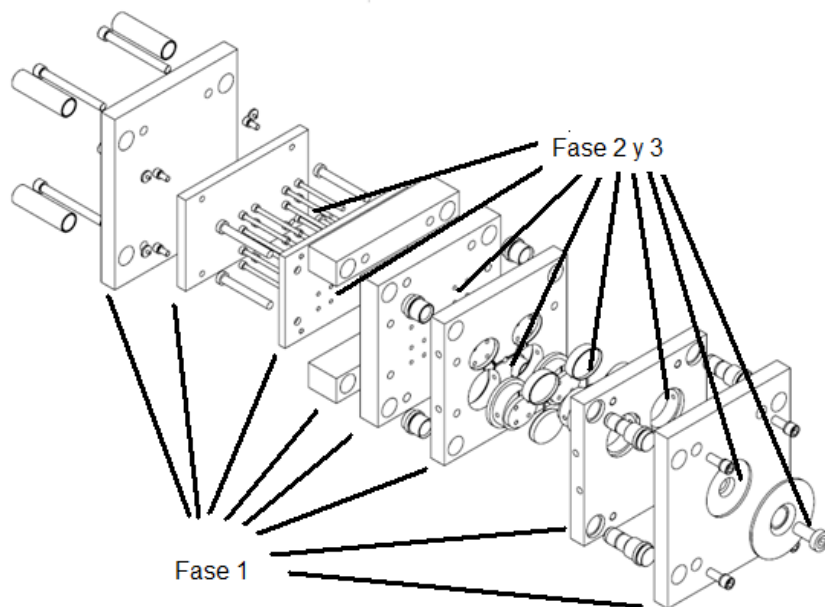
La fase 1 representa el porta-molde, el cual consiste únicamente en la placa respaldo fijo, placa cavidades y corazones, respaldo corazones, paralelas, placa botadora, placa respaldo botadora, placa respaldo móvil y todos los tornillos que sujetan a las mismas así como también pernos y bujes.

#### Fase 2

La fase 2 es conocida como molde, un molde hace referencia a todas las partes mostradas en la figura 40, pero en especial al diseño de las cavidades y corazones, asimismo diseño de expulsión de la pieza, sistema de enfriamiento, forma de llenado, tipo de punto de inyección, etc.

#### Fase 3

Esta fase muestra los mecanizados de las placas y de los insertos que van a dar forma a la pieza final.



**Figura 40.** Vista explosionada de las fases de diseño y fabricación.

## Capítulo III

### 3.1.1 Fase 1. Selección del tipo y diseño del porta-molde a utilizar

Para escoger un porta-molde que cumpla con las medidas necesarias para una pieza plástica debe considerar el tamaño del producto como es; el largo ancho y alto. Esto para que el molde no quede sobrado o quede chico.

Para este proyecto el porta-molde que a utilizar es de 246 x 246 mm de placas voladas ya que cumple con las medidas necesarias para la fabricación de la pieza.

Los componentes cotizados (ver figura 41) y que van a ser utilizados se encuentran en la siguiente tabla.

<b>PARTES DEL PORTA-MOLDE</b>		
<b>Código del componente</b>	<b>Componente</b>	<b>Unidad</b>
K10/196x196x27/1.1730	Placa de fijación	2
K20/196x196x36/1.1730	Placa figura	2
K30/196x196x27/1.1730	Placa intermedia	1
K40/196x196x46/1.1730	Paralelas	2
K60/70/196x196/1.1730	Grupo expulsor	1
Z31/10x100	Tornillo de cabeza cilíndrica con cavidad hexagonal (allen)	4
Z691/10x2.5	Arandela elástica con réten	10
Z31/10x30	Tornillo de cabeza cilíndrica con cavidad hexagonal (allen)	4
K100/125x8	Disco centrador	3
Z20/26x80	Casquillo de centrado	4
Z10/36/18	Casquillo guía	1
Z10/36/20	Casquillo guía	3
Z00/36/18x55	Columna guía	1
Z00/36/20x55	Columna guía	3
Z51/18x27/3.5/3/4	Bebedero	1

**Tabla 2.** Componentes del porta-molde.

## Capítulo III

General Sostenes Rocha # 16-A  
76000 Querétaro, Qro. C.P.

Mexico

Teléfono: (+52)(442)4418022  
Fax: (+52)(442)4418023

Pedido: Pedidonuevo 1

INDEPENDENCIA No. 103  
52100 SANMATEO ATENCO

Mexico

N° de cliente: -----

Teléfono: 2 75 95 72

Fax:

e-mail: ving.campos@polisol.com.mx

Posición	Referencia	N° de pedido	Unidad	Precio	Total
1	Placa defijaci??n	K10/196x196x27/1.1730	2	159.00	318.00 \$
2	Placa figura	K20/196x196x36/1.1730	2	160.00	320.00 \$
3	Placa intermedia	K30/196x196x27/1.1730	1	133.00	133.00 \$
4	Regles	K40/196x196x46/1.1730	2	62.90	125.80 \$
5	Grupo expulsor	K80/70/196x196/1.1730	1	151.00	151.00 \$
6	Tomillo allen con cabez	Z31/10x100	4	1.50	6.00 \$
7	Arandela elástica con r	Z691/10x2.5	10	0.14	1.40 \$
8	Tomillo allen con cabez	Z31/10x30	4	0.43	1.72 \$
9	Disco centrador	K100/125x8	3	32.60	97.80 \$
10	Casquillo de centrado	Z20/26x80	4	8.80	35.20 \$
11	Casquillo guía	Z10/36/18	1	13.90	13.90 \$
12	Casquillo guía	Z10/36/20	3	13.90	41.70 \$
13	Columna guía	Z00/36/18x55	1	15.80	15.80 \$
14	Columna guía	Z00/36/20x55	3	15.80	47.40 \$
15	Bebadero	Z51/18x27/3.5/3/4	1	45.80	45.80 \$
				<b>Sub-total:</b>	<b>1354.52 \$</b>
				<b>IVA:</b>	<b>257.36 \$</b>
				<b>Suma total:</b>	<b>1611.88 \$</b>

Dirección de envío

-----  
INDEPENDENCIA No. 103  
52100 SANMATEO ATENCO

Mexico

**Figura 41.** Cotización realizada por el proveedor <sup>[19]</sup>.

## Capítulo III

### 3.1.2 Fase 2. Diseño del molde y herramientas relacionadas

La figura 42, muestra el ensamble completo del porta-molde que va a utilizarse. El primer paso realizado para el diseño del molde fue añadir la pieza 3D, tener en cuenta que el molde es de dos cavidades, lo que significa que la pieza fue agregada dos veces.

Una vez anexadas, lo siguiente fue hacer la relación de posición (relaciones que permiten movimiento lineal o rotacional de los componentes) entre las piezas y las placas cavidades y corazones. Esta actividad es de mucha importancia ya que en este paso es definida la colocación de las piezas y a partir de eso comienza el diseño de los demás componentes.

Como fue mencionado anteriormente en este proyecto, tener en cuenta que para realizar el diseño un molde, la pieza utilizada debe de tener la contracción correcta.

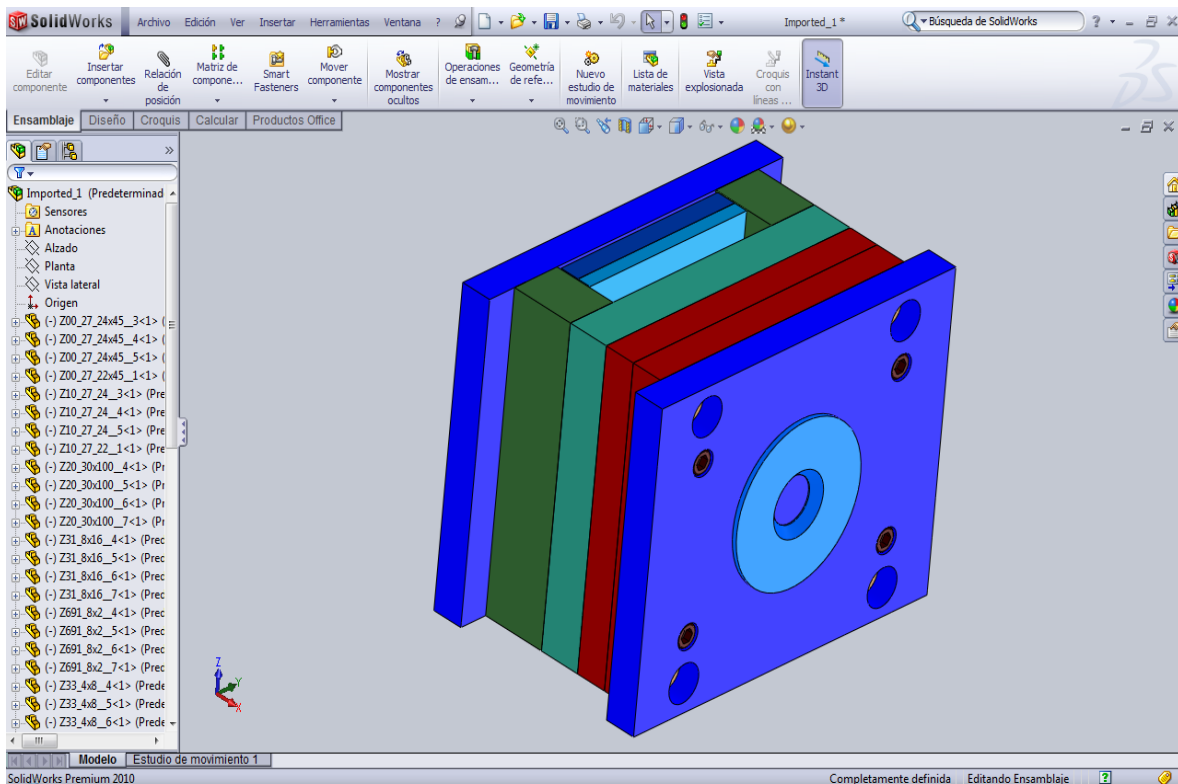
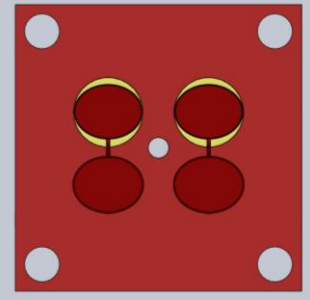
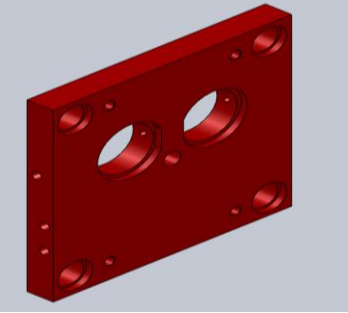
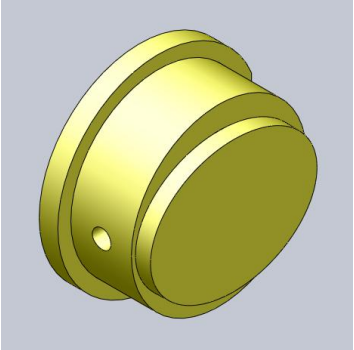


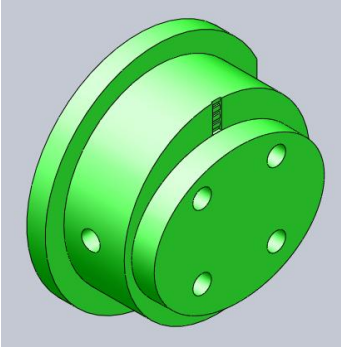
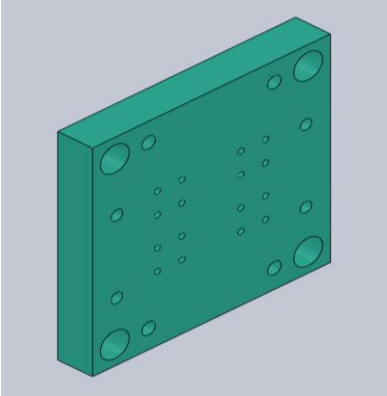
Figura 42. Dibujo de porta-molde 3D [32].

## Capítulo III

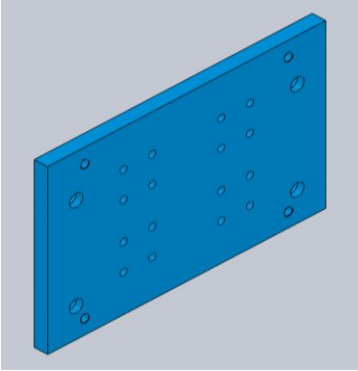
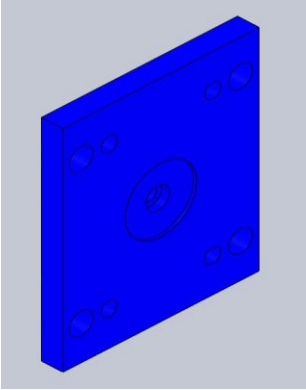
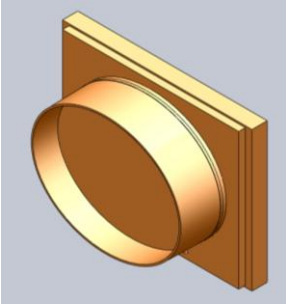
La siguiente tabla muestra el diseño de los componentes del porta-molde:

COMPONENTE	ACTIVIDAD
 <p>Acomodo de la pieza.</p>	<p>La imagen muestra el acomodo de las dos piezas colocadas en el porta-molde, en este caso es en la placa cavidades.</p> <p>A partir de esta relación de posición comienza el diseño del molde.</p>
 <p>Placa cavidades.</p>	<p>Fueron realizados dos alojamientos a la placa cavidades utilizados para colocar los insertos. Además tiene un barreno en el centro, este es por donde pasa la boquilla.</p> <p>Cuenta con barrenos pasados en los laterales, los cuales hacen referencia a la refrigeración de la placa.</p>
 <p>Insertos cavidades 2 piezas.</p>	<p>Los insertos van colocados en la placa cavidades y están en alto relieve. Como muestra la imagen estos tienen una parte de la figura de la pieza.</p> <p>Cuenta con un barreno pasado para que tenga refrigeración.</p>

## Capítulo III

 <p>Placa corazones.</p>	<p>La placa corazones tiene dos alojamientos en donde van a ir unos insertos y al mismo tiempo tiene parte de la figura. Lleva refrigeración lateralmente.</p> <p>Cuenta con barrenos los cuales hacen referencia a los botadores, recuperadores y extractores de colada. Y también en esta placa va el diseño de la colada.</p>
 <p>Insertos corazones 2 piezas.</p>	<p>Estos insertos están en alto relieve y tienen figura, a cada uno de ellos tienen barrenos ocupados para que ahí entren los botadores, esto es para que la pieza no se quede atorada al momento de la expulsión.</p> <p>También cuenta con refrigeración.</p>
 <p>Placa respaldo corazones.</p>	<p>La placa respaldo corazones tiene diseñados solamente barrenos pasados para los botadores y los recuperadores.</p>

## Capítulo III

 <p>Placa botadora.</p>	<p>La placa botadora tiene diseñados barrenos para los botadores y recuperadores pero además cuenta con las cajas de los mismos.</p>
 <p>Respaldo fijo.</p>	<p>El respaldo fijo tiene un barreno con caja en el centro, esto es para la boquilla y al mismo tiempo cuenta con una caja que es para el disco centrador.</p>
 <p>Electrodo corazón.</p>	<p>El diseño un electrodo de cobre es para ayudar en el maquinado del porta-molde.</p>

**Tabla 3** Diseño de los componentes del porta-molde.



# Capítulo III

A continuación se muestran los dibujos 2D de los componentes del porta-molde:

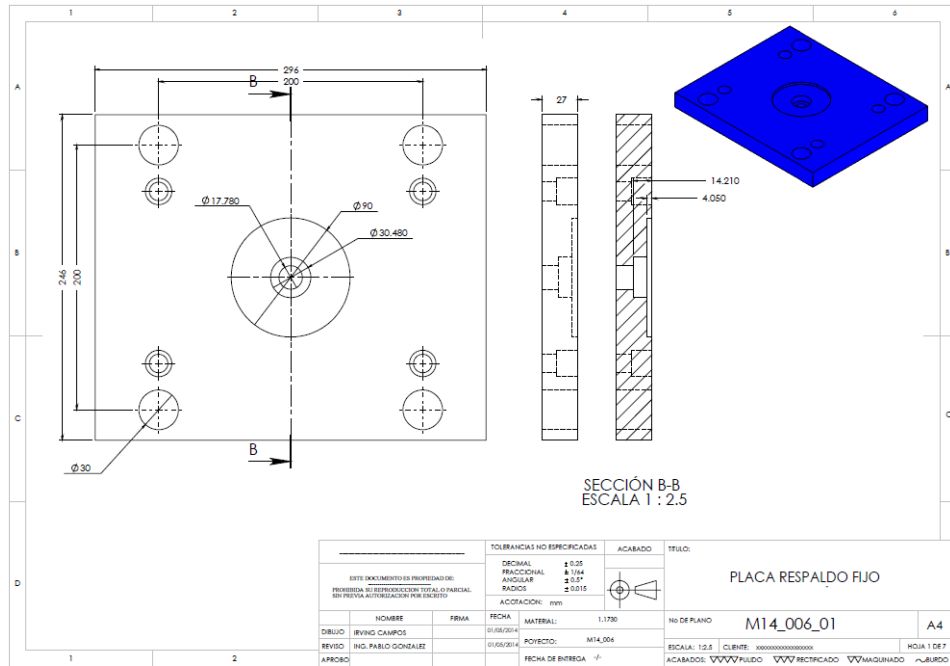


Figura 43. Dibujo placa respaldo fijo [32].

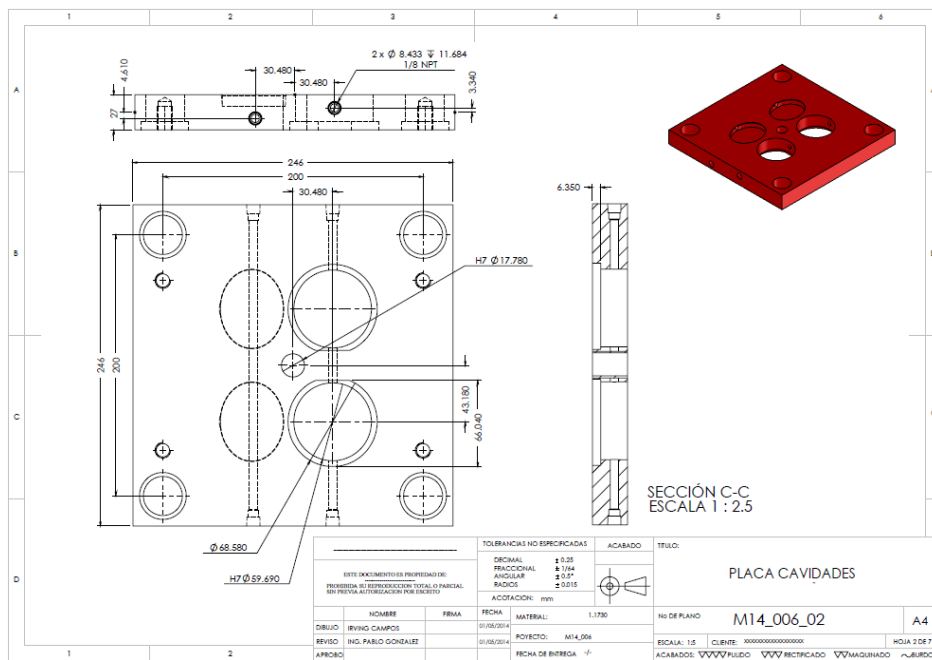


Figura 44. Dibujo placa cavidades [32].

# Capítulo III

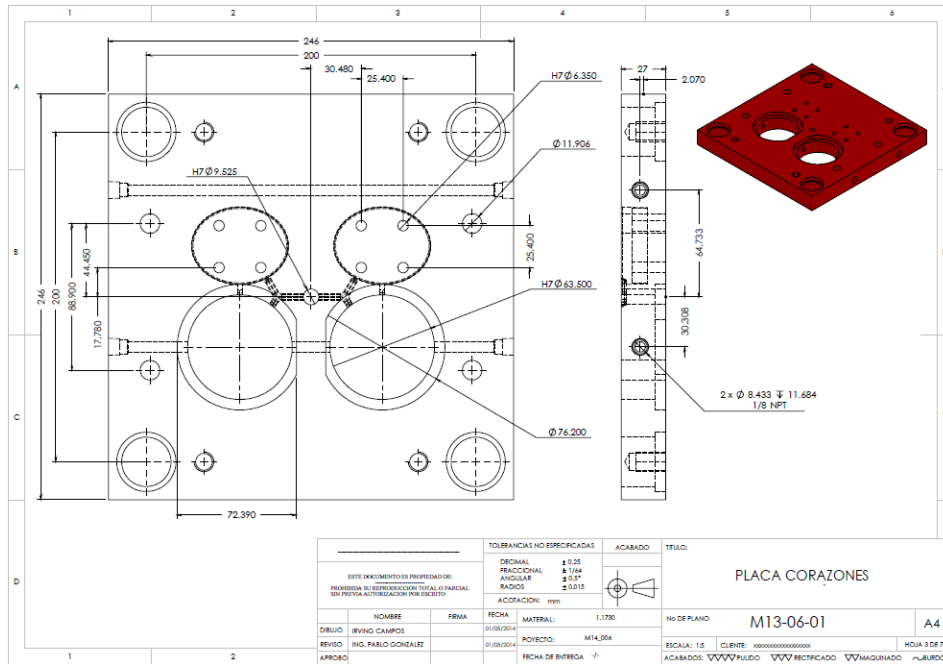


Figura 45. Dibujo placa corazones [32].

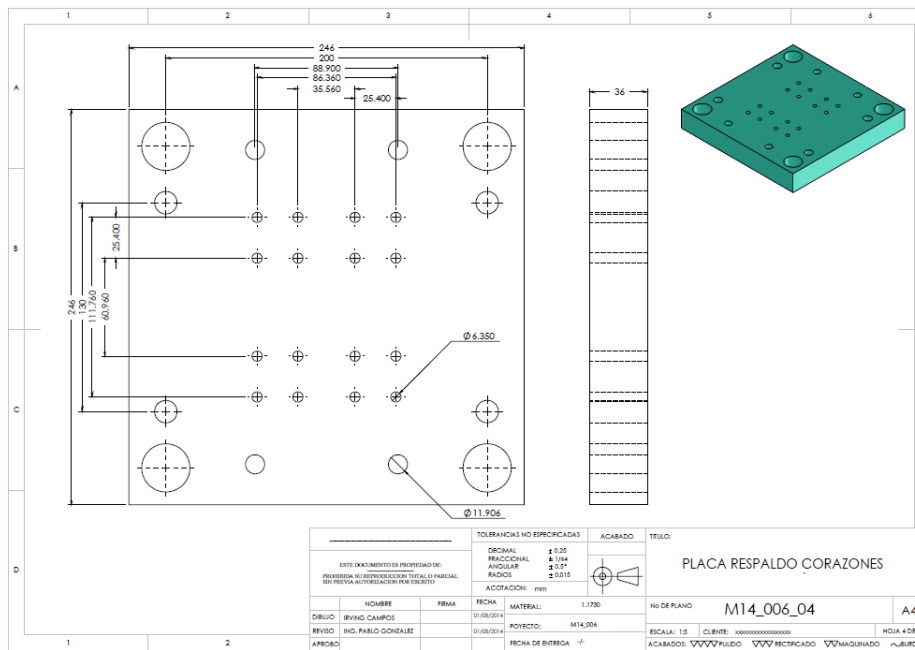


Figura 46. Dibujo placa respaldo corazones [32].

# Capítulo III

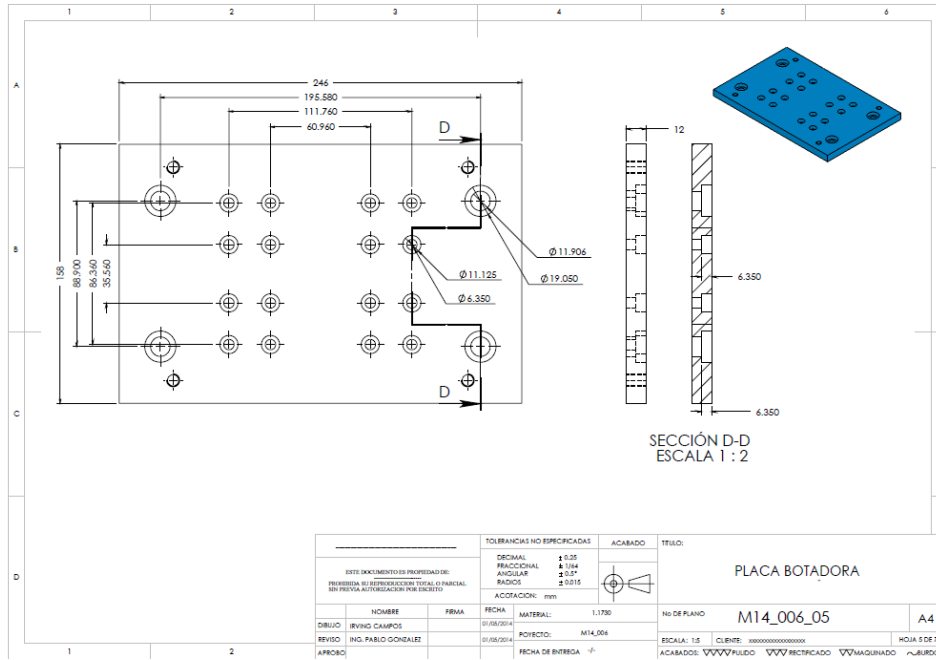


Figura 47. Dibujo placa botadora [32].

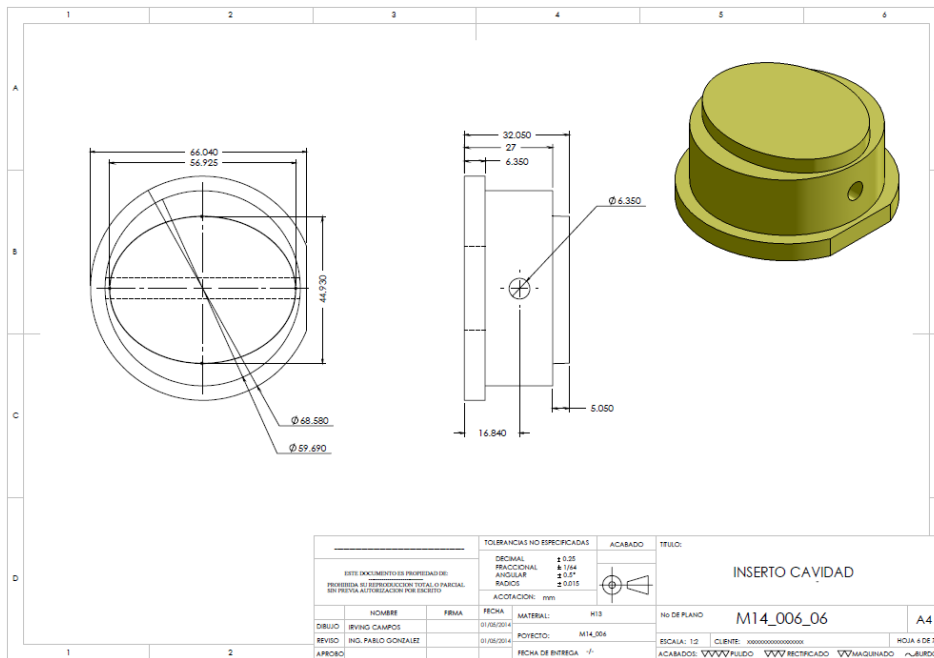


Figura 48. Dibujo inserto cavidades [32].

# Capítulo III

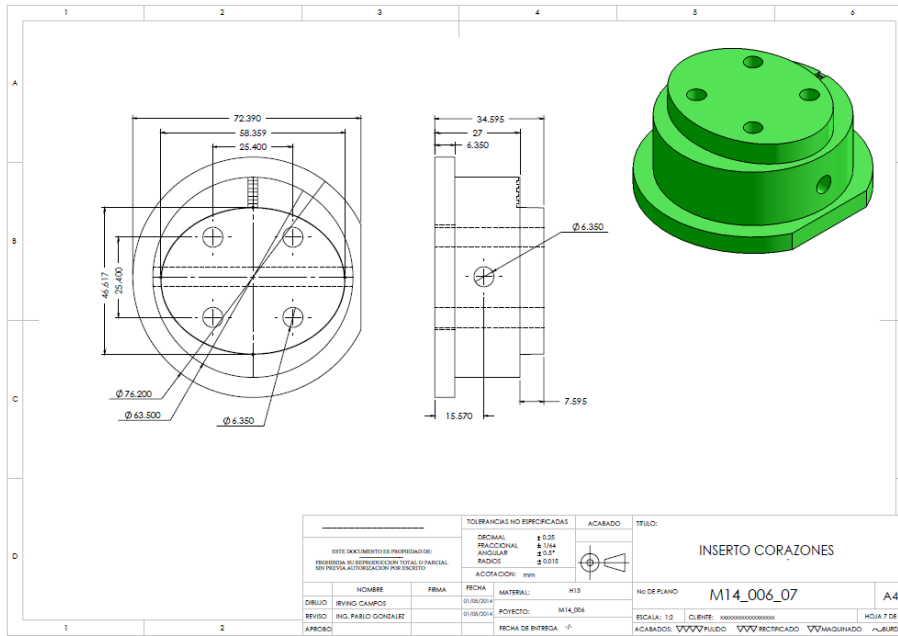


Figura 49. Dibujo inserto corazones [32].

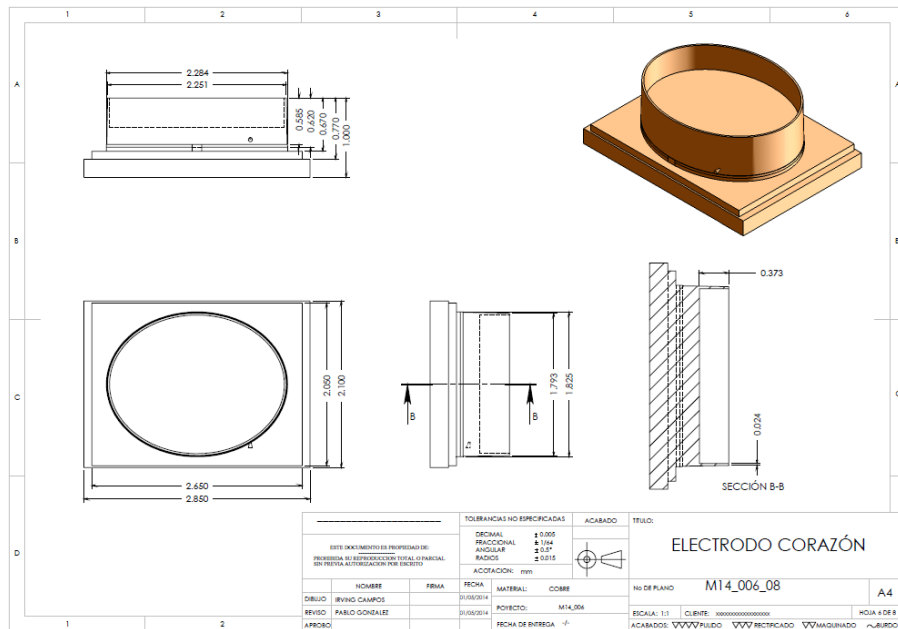


Figura 50. Dibujo Electrodo corazón [32].

## Capítulo III

Una vez que los diseños 3D de los componentes han sido terminados al igual que los planos 2D, son internamente revisados por el área de calidad y en seguida enviados al cliente para su aprobación. Después de ser aceptados, los planos son entregados al personal del taller para comenzar con los procesos de maquinado.

Los planos 2D enviados al cliente regresan con la nota de aceptación como muestra la figura 51.

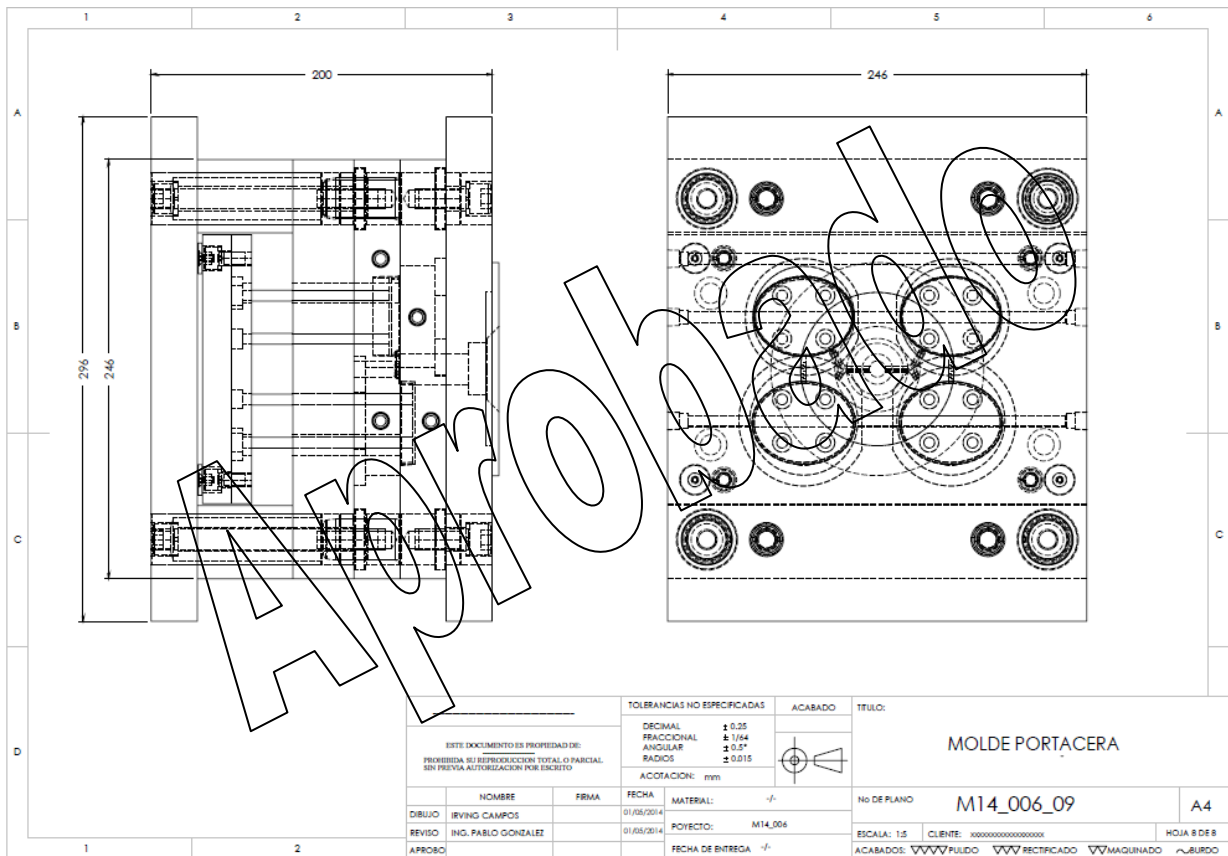




Figura 51. Dibujo de molde de inyección aprobado [32].

## Capítulo III

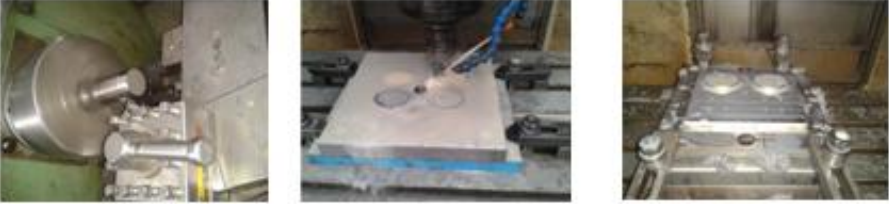


### 3.1.3 Fase 3. Proceso de mecanizado de herramientas y molde

La siguiente tabla muestra el resumen de los procesos de mecanizado que fueron llevados a cabo para la realización de un molde de inyección. Los procesos utilizados están marcados con una "X", al mismo tiempo son mostradas imágenes de algunos pasos realizados y la herramienta utilizada, por ejemplo, cortadores de Carburo de Tungsteno.




RESUMEN DEL PROCESO DE MECANIZADO							
Pieza/componente	Fresado	Torneado	Fresado CNC	Erosión por peneración	Rectificad o plano	Pulido (manual)	Taladrado
Electrodos corazón			X			X	
<b>Herramienta utilizada:</b> -Cortador vertical de cuatro gavilanes punta plana de Carburo de Tungsteno de 1, 1/2 y de 1/4 de pulgada.	 <p style="text-align: center;">Con ayuda de la Fresadora CNC fueron realizados los maquinados para el electrodo de cobre. El pulido fue manualmente con piedras para pulir y pastas diamante.</p>						
Pieza/componente	Fresado	Torneado	Fresado CNC	Erosión por peneración	Rectificad o plano	Pulido (manual)	Taladrado
Insertos cavidades	X	X	X		X	X	
<b>Herramienta utilizada:</b> -Butil calzado corte derecho -Cortador vertical de cuatro gavilanes punta plana de Carburo de Tungsteno de 1/2 y de 1/4 de pulgada.	 <p>Los insertos cavidades fueron realizados mediante el torno convencional y la fresa. La figura fue maquinada en la fresadora CNC, por último fueron rectificadas. El pulido fue manualmente con piedras para pulir y pastas de diamante.                      Nota: La figura de la cavidad se realizó con los insertos dentro de la placa cavidades.</p>						



## Capítulo III

Pieza/componente	Fresado	Torneado	Fresado CNC	Erosión por peneración	Rectificado plano	Pulido (manual)	Taladrado
Insertos Corazones	X	X	X		X	X	
<p>Herramienta utilizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Butil calzado corte derecho</li> <li>-Broca de centros y broca de 15/54</li> <li>-Rima de 1/4</li> <li>-Cortador vertical de cuatro gavilanes punta plana de Carburo de Tungsteno de 1/4 y 1/2 de pulgada.</li> </ul>	 <p>Los insertos corazones fueron realizados mediante el torno convencional y la fresa. La figura fue maquinada en la fresadora CNC, por último fueron rectificadas. El pulido fue manualmente con piedras para pulir y pastas de diamante. Nota: La figura de la cavidad se realizó con los insertos dentro de la placa cavidades.</p>						
Pieza/componente	Fresado	Torneado	Fresado CNC	Erosión por peneración	Rectificado plano	Pulido (manual)	Taladrado
Placa corazones	X		X	X	X	X	X
<p>Herramienta utilizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Broca de centros y broca de 15/64</li> <li>-Rima de 1/4</li> <li>-Cortador vertical de cuatro gavilanes punta plana de Carburo de Tungsteno de 1/4, 1/2 y de 1 pulgada.</li> </ul>	 <p>En la fresadora CNC fueron realizados barrenos para el sistema de botado, la colada, figura de la pieza y otros. En la fresadora convencional fueron hechos los puntos de inyección, con la erosión por penetración fue elaborada la otra parte de la pieza y con el taladro radial fueron realizados los canales de enfriamiento. El pulido fue manualmente con piedras para pulir y pastas de diamante.</p>						
Pieza/componente	Fresado	Torneado	Fresado CNC	Erosión por peneración	Rectificado plano	Pulido (manual)	Taladrado
Placa cavidades	X		X		X	X	
<p>Herramienta utilizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Broca de centros y broca de 1 1/2</li> <li>-Cortador vertical de cuatro gavilanes punta plana de Carburo de Tungsteno de 1/2 y de 1 pulgada.</li> </ul>	 <p>En la fresadora CNC fueron realizados 2 barrenos para colocar los insertos, figura de la pieza. En la fresadora convencional fueron hechos los puntos de inyección, con el taladro radial fueron realizados los canales de enfriamiento. El pulido fue manualmente con piedras para pulir y pastas de diamante.</p>						

## Capítulo III

Pieza/componente	Fresado	Torneado	Fresado CNC	Erosión por peneración	Rectificado plano	Pulido (manual)	Taladrado
Placa botadora			X				
<p>Herramienta utilizada:</p> <p>-Broca de centros, broca de 1/4 y broca de 15/32</p> <p>-Cortador vertical de cuatro gavilanes punta plana de Carburo de Tungsteno de 1/4 y de 1/2 pulgada.</p>	 <p>En la fresadora CNC fueron realizados barrenos junto con cajas para los botadores y recuperadores.</p>						
Pieza/componente	Fresado	Torneado	Fresado CNC	Erosión por peneración	Rectificado plano	Pulido (manual)	Taladrado
Respaldo corazones			X				
<p>Herramienta utilizada:</p> <p>-Broca de centros, broca de 1/4 y broca de 15/32</p> <p>-Cortador vertical de cuatro gavilanes punta plana de Carburo de Tungsteno de 1/4 y de 1/2 pulgada.</p>	 <p>En la fresadora CNC fueron realizados barrenos junto con cajas para los botadores y recuperadores.</p>						
Pieza/componente	Fresado	Torneado	Fresado CNC	Erosión por peneración	Rectificado plano	Pulido (manual)	Taladrado
Respaldo fijo			X				
<p>Herramienta utilizada:</p> <p>-Broca de centros, broca de 45/64 de pulgada</p> <p>-Cortador vertical de cuatro gavilanes punta plana de Carburo de Tungsteno de 1/2, 1, 1 /12 de pulgada.</p>	 <p>En la fresadora CNC fue realizado un barreno por toda la placa junto con caja para la boquilla y al mismo tiempo otros barrenos para sujeción del disco centrador.</p>						

**Tabla 4.** Proceso de mecanizado de molde de inyección.



## Capítulo III

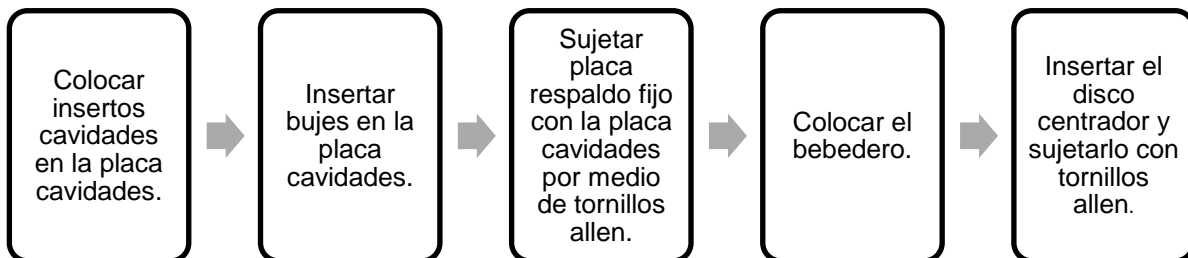
### 3.2 Ensamble de molde y componentes

PARTE FIJA	CANTIDAD	PARTE MÓVIL	CANTIDAD
Boquilla	1	Botadores	16
Disco centrador	1	Recuperadores	4
Placa respaldo fijo	1	Placa corazones	1
Placa cavidades	1	Insertos corazones	2
Insertos cavidades	2	Placa respaldo corazones	1
Bujes para pernos guía	4	Placa botadora	1
Tornillos allen	4	Placa respaldo botadora	1
		Paralelas	2
		Placa respaldo móvil	1
		Pernos guía	4
		Tornillos allen	8

**Tabla 5.** Componentes lado fijo y móvil del molde de inyección.

Para ensamblar un molde es preferible limpiar cuidadosamente cada una de las partes, con el fin de evitar rebabas que se encuentren alojadas en las cavidades o superficies de las piezas y sean causantes de un mal ensamble.

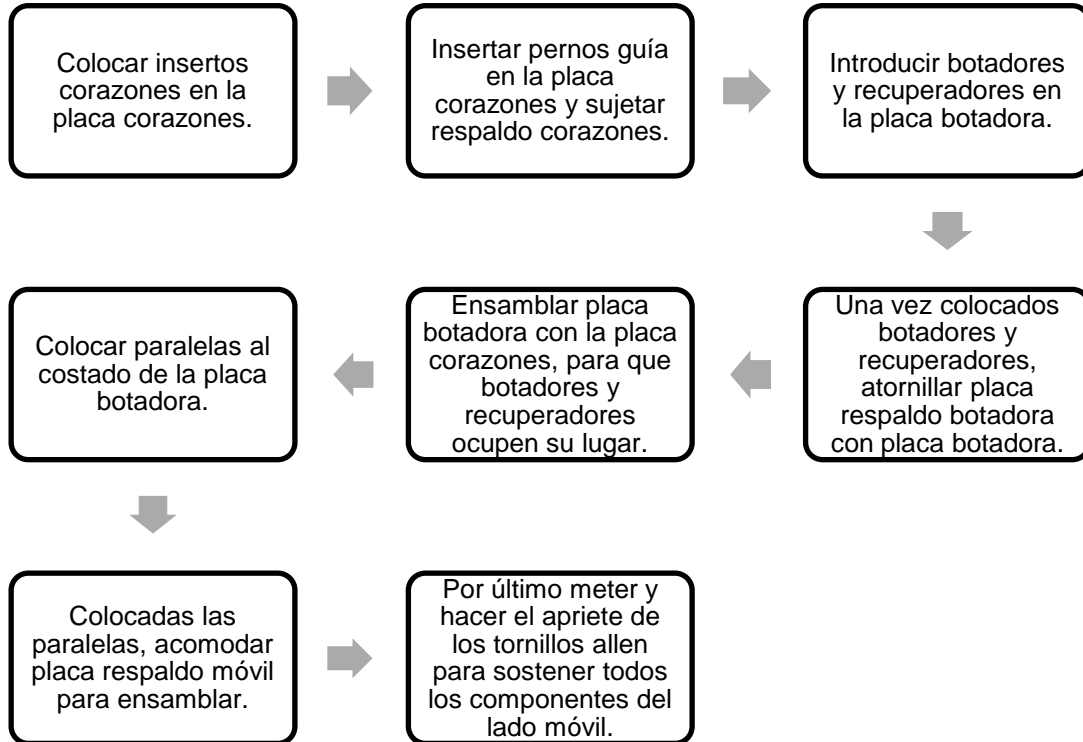
Enseguida las partes del lado fijo del molde se ensamblan las cuales están mencionadas en la tabla 5. Los pasos llevados a cabo del ensamblado pueden observarse en la figura 52.



**Figura 52.** Ensamble parte fija.

## Capítulo III

La otra parte del molde es conocida como parte móvil y los componentes son citados en la tabla 5. Los pasos llevados a cabo para el ensamble de la parte móvil se encuentran en la figura 53.



**Figura 53.** Ensamble de la parte móvil.

Finalizado el ensamble del molde, este es llevado al área de inyección para la realización de las pruebas de funcionalidad y para su aprobación (ver figura 54).



**Figura 54.** Ensamble final del molde de inyección <sup>[32]</sup>.

## Capítulo IV

### CAPÍTULO IV. PROCESO DE PRUEBAS PARA APROBACIÓN DEL MOLDE.

#### 4.1 Características de la máquina de inyección

La máquina en donde se va a montar el molde de inyección es de 90 toneladas, ver figura 55 y tabla 6 para mayor información sobre la misma.



Figura 55. Inyectora de 90 toneladas <sup>[35]</sup>.

Máquina de inyección de 90 toneladas		
Fuerza de cierre del molde	kN	900
Luz entre columnas (distancia)	mm (h x v)	430 x 360
Distancia máxima entre placas	mm	725
Carrera máxima de apertura (graduable)	mm	475
Altura mínima de montaje del molde	mm	250
Fuerza de apertura del molde	kN	65
Fuerza de cierre en desplazamiento	kN	47,2
Carrera del expulsor (máximo)	mm	130 (150)
Fuerza de expulsor empujando/tirando	kN	20,4 / 13,5 (42,7 / 30)

Tabla 6. Características de la inyectora <sup>[35]</sup>.

# Capítulo IV

## 4.2 Definición de parámetros de operación

### Parámetros de operación

El polipropileno tiene excelente balance de propiedades y procesamiento, así que se adapta fácilmente a todos los tipos de máquinas de moldeo por inyección. Se pueden variar ampliamente las condiciones de moldeo y existen resinas de buen flujo. No requiere desecación preliminar, puesto que no absorbe humedad.

El ciclo de moldeo es un factor importante en la determinación de las condiciones de procesamiento, pero no es posible definirlo con las condiciones de arranque. El ciclo también depende del diseño de la pieza sus dimensiones y otros factores.

Los parámetros que se utilizaron en la primera prueba de inyección son los siguientes (ver figura 56):

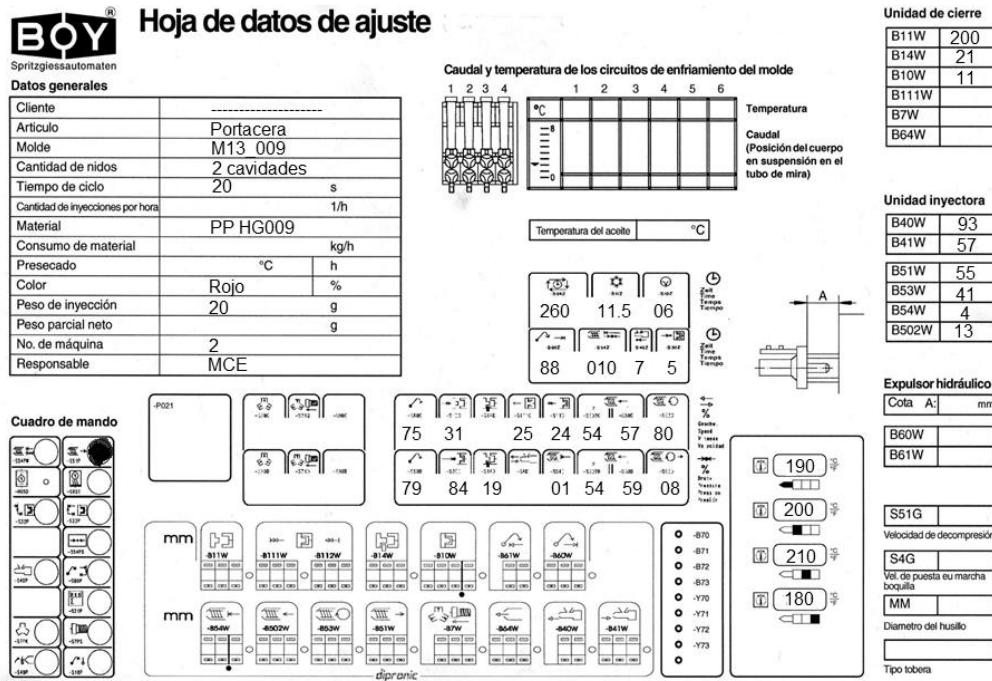


Figura 56. Hoja de parámetros de inyección [32].

Las temperaturas que se utilizaron en el proceso de inyección de la pieza portacera fueron de 190°, 200°, 210° y 180°C. El ciclo total fue de 20 segundos.

# Capítulo IV

## 4.3 Proceso de instalación de montaje de molde en la máquina de inyección

Para comenzar con el montaje del molde ya ensamblado en la máquina de inyección, previamente se debió de generar una orden de prueba (ver figura 57 y 58).

**ORDEN DE PRUEBAS PARA MOLDES**  
DEPARTAMENTO DE MOLDEO

FECHA DE SOLICITUD: 25-feb-14      FECHA REQUERIDA: 25-feb-14      No. 022

CLIENTE: \_\_\_\_\_

PIEZAS A INYECTAR	PIEZA	No. MOLDE	MATERIAL	GRADO	COLOR
60	PORTA CERA	M13-009	PP	HG009	ROJO

Peso por pieza: 8.12 gramos      OTRO:      Se autoriza reciclado a NO      debe estar limpio

Cavidades funcionales: 2      Material disponible: SI  NO

Peso de la colada: 4.00 gramos      Cantidad estimada de material a utilizar: 4.00 Kilogramos

Purga      Material disponible: SI  NO

Peso total por inyección: 20.2 gramos

**OBSERVACIONES:**

REVISAR ASPECTO DE LA PIEZA
VER FUNCIONALIDAD DEL MOLDE, TRABAJAR EN AUTOMATICO Y TOMAR VIDEO
PROBAR EL MOLDE CON REFRIGERACION

SOLICITA: \_\_\_\_\_      AUTORIZA: \_\_\_\_\_

PGD      BEM

MAQUINA ASIGNADA: BOY 90 E      EQUIPO PERIFÉRICO A USAR: \_\_\_\_\_

**RESULTADO DE LA PRUEBA DE MOLDEO**

Funcionamiento	SI	NO	A VECES	Pieza	SI	NO	A VECES
Adecuado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rechupes	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se atorran las piezas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Planicidad	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rebabas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Observaciones:	_____		
Burbujas	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Peso de la pieza: <u>8.115</u> gr			
Fugas	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

**Pendientes:**

Se marcan los botadores
Pulido de corazones
Rebaba en los botadores
Revisar salidas de aire

Fecha prueba: 25-FEB-2014      RESPONSABLE DEL MOLDE

Total de muestras: 80 piezas      APE

Responsable de la Prueba: MCE

INYECCIÓN.001.R2.F1 PRUEBAS DE MOLDEO POR INYECCIÓN

**Figura 57.** Primer orden de pruebas para moldes <sup>[32]</sup>.

# Capítulo IV

**ORDEN DE PRUEBAS PARA MOLDES**  
DEPARTAMENTO DE MOLDEO

FECHA DE SOLICITUD: 05-mar-14      FECHA REQUERIDA: 05-mar-14      No. 026

CLIENTE: .....

PIEZAS A INYECTAR	PIEZA	No. MOLDE	MATERIAL	GRADO	COLOR
60	PORTA CERA	M13-009	PP	HG009	ROJO

Peso por pieza: 8.12 gramos      OTRO:      Se autoriza reciclado a NO      debe estar limpio

Cavidades funcionales: 2

Peso de la colada: 4.00 gramos      Material disponible: SI       NO

Purga

**Peso total por inyección** 20.2 gramos      Cantidad estimada de material a utilizar: 4.00 Kilogramos

**OBSERVACIONES:**

REVISAR ASPECTO DE LA PIEZA
VER FUNCIONALIDAD DEL MOLDE, TRABAJAR EN AUTOMATICO
PROBAR EL MOLDE CON REFRIGERACIÓN
SE PULIERON CAVIDADES Y CORAZONES, CAMBIO DE EXTRACTORES, SALIDAS DE AIRE.

SOLICITA: \_\_\_\_\_      AUTORIZA: \_\_\_\_\_

PGD

BEM

MAQUINA ASIGNADA: BOY 90 E      EQUIPO PERIFÉRICO A USAR: \_\_\_\_\_

**RESULTADO DE LA PRUEBA DE MOLDEO**

Funcionamiento	SI	NO	A VECES	Pieza	SI	NO	A VECES
Adecuado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rechupes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se atorran las piezas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Planicidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rebabas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Observaciones:	_____		
Burbujas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Peso de la pieza: <u>8.0154</u> gr			
Fugas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

**Pendientes:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fecha prueba: 05-MAR-2014      RESPONSABLE DEL MOLDE

Total de muestras: 80 piezas      \_\_\_\_\_

APE

Responsable de la Prueba: MCE

**INYECCIÓN.001.R2.F1 PRUEBAS DE MOLDEO POR INYECCIÓN**

**Figura 58.** Segunda orden de pruebas <sup>[32]</sup>.

## Capítulo IV

---

Esto es para llevar un buen control dentro de la empresa y además sirve para ver si la máquina a utilizar se encuentra disponible. Una vez generada la orden es importante contar con las herramientas y el equipo necesario para el buen montaje del molde para evitar accidentes:

### Herramientas

- ⊗ Bridas.
- ⊗ Llaves mixtas para los tornillos.
- ⊗ Tornillos allen de ½ pulgada de diámetro por 4 pulgadas de largo.
- ⊗ Llave perico de presión.
- ⊗ Mangueras para la refrigeración del molde de ½ pulgada.
- ⊗ Desmoldante.

### Equipo

- ⊗ Puente grúa con polipasto.
- ⊗ Patín hidráulico.
- ⊗ Apilador manual (Roda-carga).
- ⊗ Torre de enfriamiento.
- ⊗ Cáncamo giratorio  $\frac{3}{4}$ .

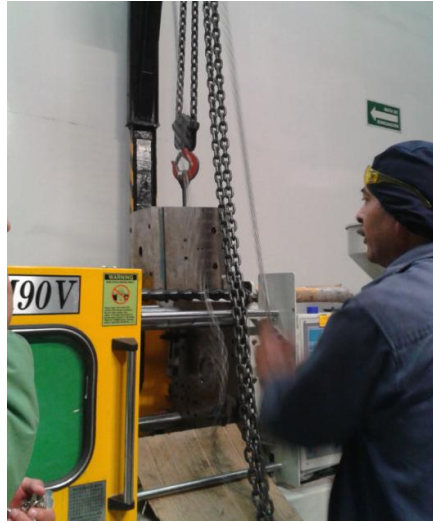
Después de contar con el equipo y la herramienta es necesario hacer una inspección al molde, este debe de estar completamente cerrado para evitar que se abra cuando sea montado en la máquina de inyección.

El siguiente paso es abrir las platinas de la inyectora y verificar que se encuentren libres de objetos que eviten la buena sujeción del molde.

Levantar el molde lo más estable que se pueda con ayuda del polipasto, esto para evitar que se genere un balanceo del mismo y generen golpeteos con la máquina. Una vez que se encuentre encima de la inyectora descender el molde uniformemente y colocar la parte fija con la platina para ubicar el anillo centrador correctamente (ver figura 59).

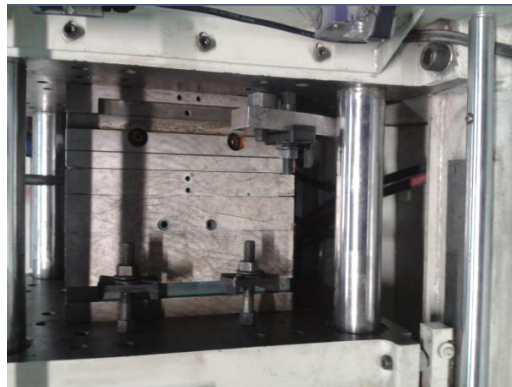
## Capítulo IV

---



**Figura 59.** Montaje de molde de inyección <sup>[32]</sup>.

Cuando el molde se encuentra centrado es preferible cerrar las platinas de la inyectora poco a poco hasta que hagan contacto con el mismo y se sujeta con los elementos de agarre, que en este caso son las bridas o mordazas (ver figura 60).



**Figura 60.** Apriete de molde <sup>[32]</sup>.

Es importante que el torque de apriete sea el máximo para reducir la posibilidad de que se mueva el molde.



## Capítulo IV

---

Una vez que el molde se encuentra sujeto correctamente quitar el cáncamo y el polipasto, y después abrir y ajustar el sistema de botado junto con la apertura. Conectar el circuito de enfriamiento y ajustar los parámetros de inyección (ver figura 61).



**Figura 61.** Molde en la máquina de inyección <sup>[32]</sup>.

## Capítulo IV

### 4.4 Proceso de pruebas para aprobación del molde

#### Prueba 1

Finalizada la primera prueba del molde, las piezas obtenidas son inspeccionadas dimensionalmente. Esto es para asegurar que la pieza inyectada cumple con los requerimientos del cliente. Las dimensiones evaluadas son contra la pieza 3D y pueden observarse en la figura 62.

	Especificaciones		PRUEBA No. 1								RESULTADOS
	Según 3D		CAVIDAD UNO				CAVIDAD DOS				
Dimensiones	Nominal	Tolerancia	M1	M2	Promedio	M4	M1	M2	Promedio	M4	
a) Altura total de la base	16.02	± 0.20	15.98	15.95	15.97	N/A	15.96	15.95	15.96	N/A	OK
b) Altura total de la tapa	8.68	± 0.20	8.64	8.64	8.64	N/A	8.63	8.68	8.66	N/A	OK
c) Diámetro menor de la base	47.14	± 0.20	47.17	47.13	47.15	N/A	47.15	47.16	47.16	N/A	OK
d) Diámetro mayor de la base	58.68	± 0.20	58.58	58.60	58.59	N/A	58.58	58.64	58.61	N/A	OK
e) Diámetro menor de la tapa	48.72	± 0.20	48.68	48.71	48.70	N/A	48.70	48.73	48.72	N/A	OK
f) Diámetro mayor de la tapa	60.86	± 0.20	60.83	60.85	60.84	N/A	60.84	60.85	60.85	N/A	OK
<b>Geometría</b>											
Estética			x	x			x	x			NO CONFORME
<b>Marcaje</b>											
# de cavidad			OK	OK			OK	OK			CONFORME
<b>Acabado</b>											
Pulido para desmoldear			x	x			x	x			CUESTA TRABAJO DESMOLDEAR
<b>Peso (g)</b>											
Peso pieza	8.11 g		7.99 g	8.04 g			7.96 g	8.07 g			CONFORME

OBSERVACIONES: EL MOLDE TRABAJA EN SEMI-AUTOMÁTICO



**Figura 62.** Evaluación dimensional de la primera prueba de inyección.

La figura 62, muestra los datos obtenidos de la primera metrología de las piezas inyectadas, en cuanto a dimensiones los resultados muestran que las piezas están dentro de las tolerancias que estableció el cliente.



Por otro lado la estética de la pieza no resultó ser conforme por lo que fue marcado con color rojo para resaltar el problema.

Para el caso del pulido fue marcado de color amarillo, que significa alerta porque en la prueba costaba trabajo expulsar la pieza y por este detalle el molde trabajo en semiautomático. El peso de las piezas está dentro de los parámetros.

## Capítulo IV

Problema	Descripción	Causa	Contramedida
<p>1. Rebaba</p>	<p>En las piezas inyectadas se presentó rebaba en la colada.</p> 	<p>Los extractores de colada no tienen el ajuste correcto con la placa corazones.</p> <p>La presión de inyección es alta.</p>	<p>Fueron cambiados los extractores de colada, ya que los anteriores estaban usados y provocaban ese defecto. También fueron modificados los parámetros de operación de la máquina.</p>
<p>2. Piezas incompletas y superficies quemadas.</p>	<p>Se presentaron piezas incompletas y otras con quemaduras en el lado contrario del punto de inyección.</p> 	<p>No se hicieron las salidas de aire en el molde.</p>	<p>Fueron realizadas las salidas de aire en la placa cavidades y también en la placa corazones.</p>
<p>3. Deformación</p>	<p>Analizando las piezas moldeadas se encontró que estas presentaban deformación.</p>	<p>Al momento de realizar la prueba del molde no se hicieron las conexiones necesarias de para el buen enfriamiento de la pieza. (No se respetó el formato de orden de pruebas).</p>	<p>En la segunda prueba del molde fue verificado el molde para que tuviera un buen sistema de enfriamiento.</p>

## Capítulo IV

<p>4. Problemas de expulsión y marcas de botadores en la pieza</p>	<p>Cuando se expulsaban las piezas, estas salían con dificultad ocasionando que se mostrara desgarre en el producto afectando la estética.</p> <p>El otro defecto es que se marcaban los botadores en las piezas y en algunas estas salían perforadas.</p> 	<p>La causa por la cual el producto no desmoldaba correctamente fue porque el pulido del molde no era lo suficientemente bueno.</p> <p>El motivo por el cual se marcaban los botadores en la pieza es porque no contaba un buen enfriamiento.</p>	<p>El pulido fue realizado nuevamente en la parte fija y móvil del molde.</p> <p>En la elaboración de la segunda prueba del molde fue incrementado el tiempo de enfriamiento de la pieza.</p>
<p>5. Marcas de mecanizado</p>	<p>Otra aspecto que afectaba la estética de las piezas fue que en ellas se veían los procesos de maquinado que se habían utilizado, por ejemplo, los acabados del proceso de erosión y del CNC.</p> 	<p>El pulido no fue el correcto.</p>	<p>Nuevamente fue realizado el pulido de los corazones y de las cavidades.</p>

**Tabla 7.** Prueba 1 del molde de inyección.

## Capítulo IV

---

### Prueba 2

Con la realización de la prueba 1 notorio que la funcionalidad tanto del molde de inyección como de la pieza plástica es buena, pero lamentablemente existieron defectos que afectan la estética del producto.

Finalizadas las reparaciones establecidas, la segunda prueba del molde de inyección fue llevada a cabo.

Al momento de trabajar el molde la expulsión de las piezas mejoró satisfactoriamente, porque ninguna de las piezas quedó atorada logrando que el molde trabajara en automático (ver figura 63).

En el caso de la estética desaparecieron las marcas de mecanizado. También la marca de botadores no se presentó otra vez gracias a la buena refrigeración (ver figura 64 y 65).



**Figura 63.** Cavity 1 y 2 <sup>[32]</sup>.



**Figura 64.** Pieza sin defectos de botadores <sup>[32]</sup>.

## Capítulo IV



**Figura 65.** Pieza sin marcas de mecanizado <sup>[32]</sup>.

Cuando las piezas estuvieron bien estéticamente, por segunda vez fueron analizadas dimensionalmente en área de calidad de moldes (ver figura 66).

	Especificaciones		PRUEBA No. 2								RESULTADOS
	Según 3D		CAVIDAD UNO				CAVIDAD DOS				
Dimensiones	Nominal	Tolerancia	M1	M2	Promedio	M4	M1	M2	Promedio	M4	
a) Altura total de la base	16.02	± 0.20	16.03	15.98	16.01	N/A	15.90	15.82	15.86	N/A	OK
b) Altura total de la tapa	8.68	± 0.20	8.67	8.61	8.64	N/A	8.62	8.65	8.64	N/A	OK
c) Diámetro menor de la base	47.14	± 0.20	47.05	46.97	47.01	N/A	47.05	46.97	47.01	N/A	OK
d) Diámetro mayor de la base	58.68	± 0.20	58.66	58.64	58.65	N/A	58.65	58.67	58.66	N/A	OK
e) Diámetro menor de la tapa	48.72	± 0.20	48.73	48.71	48.72	N/A	48.70	48.67	48.69	N/A	OK
f) Diámetro mayor de la tapa	60.86	± 0.20	60.85	60.90	60.88	N/A	60.81	60.85	60.83	N/A	OK
<b>Geometría</b>											CONFORME
Estética			OK	OK			OK	OK			CONFORME
Marcaje											CONFORME
# de cavidad			OK	OK			OK	OK			CONFORME
Acabado											CONFORME
Pulido para desmoldear			OK	OK			OK	OK			CONFORME
<b>Peso (g)</b>											CONFORME
Peso pieza	8.11 g		7.97 g	8.06 g			7.96 g	8.10 g			

OBSERVACIONES:EL MOLDE TRABAJA EN AUTOMÁTICO

**Figura 66.** Metrología de la segunda prueba de inyección.

## Capítulo IV

---

La segunda inspección dimensional realizada muestra que los resultados son satisfactorios, porque los problemas presentados en la prueba 1 desaparecieron y como conclusión la pieza cumple con los requerimientos del cliente.

Una vez aceptada por el departamento de calidad algunas muestras inyectadas son enviadas al cliente junto con la última validación dimensional para la evaluación de funcionalidad, tono de color, peso y dimensiones.

El resultado por parte del cliente fue exitoso tanto del molde de inyección como de la pieza moldeada y aprobó la inyección y venta del producto.

## Capítulo IV

---

### 4.5 Reflexiones

- ⊗ Con la hipótesis establecida en este trabajo es demostrado que con los recursos que se tienen dentro de la empresa, fue factible fabricar un molde de inyección para una pieza plástica cumpliendo con los requerimientos del cliente en cuanto a calidad y costos.
- ⊗ Para el diseño de moldes de inyección es indispensable adaptarse a los requerimientos que el cliente establece desde un principio, esto es con el fin de satisfacer y brindar un producto de calidad a mejor precio y duradero.
- ⊗ Para un buen diseño de un molde es indispensable el uso de tecnología mediante software de diseños adecuados para optimizar tiempo y dinero al momento de desarrollarlos e implementarlos.
- ⊗ La calidad de la pieza también depende de las características con las que cuenta la máquina, en cuanto a piezas pequeñas la sugerencia es contar con máquinas que no sean tan grandes ya que en este tipo de inyectoras los parámetros se controlan fácilmente.
- ⊗ Es importante contar con datos adecuados acerca del material plástico con el que se va a inyectar, ya que algunos de los parámetros importantes como densidad, temperaturas de moldeo y desmolde, dependen de las características que éste tenga.
- ⊗ El tipo de acero en cuanto a corazones y cavidades va a depender del tamaño de producción de lote y forma de la pieza, si la producción es alta lo recomendable es darle tratamiento al acero que puede ser nitrurado, temple, entre otros. Para producciones bajas, como en este proyecto, el acero puede ir sin tratamiento.
- ⊗ Al momento de fabricar un molde pueden presentarse diferentes tipos de defectos que pueden desarrollarse desde el diseño, en el mecanizado y hasta en las pruebas de funcionalidad. En este caso es preferible plantear desde un inicio un buen programa de actividades las cuales sean inspeccionadas durante y al momento de ser finalizadas, esto para asegurar que la culminación de cada tarea sea de la forma correcta.



## Capítulo IV

---

- ⊗ En el caso de que los defectos fueran detectados hasta tener el producto, como propuesta deben analizarse los motivos para así elaborar un plan de contramedidas que como función puedan corregir y eliminar las causas, asegurando que no se vuelvan a presentar.
- ⊗ Se deben de analizar los tiempos de mecanizado y la compra de material, ya que de esto va a depender el tiempo de entrega del molde y los costos de fabricación.
- ⊗ Las pruebas de funcionalidad de un molde son importantes realizarlas para ver el aspecto que tiene la pieza.





# Anexos

## Formato de cotización del cliente.

DATOS GENERALES		VENDEDOR: _____
CLIENTE: _____		FECHA: _____
CONTACTO: _____		TELÉFONO: _____
DATOS DE LA PIEZA		
NOMBRE O NUMERO DE PARTE: _____		
PESO DE LA PIEZA _____	gramos	
COLADA _____	gramos	
TIEMPO DE CICLO _____	segundos	
MATERIAL _____	PROPORCIONADA POR:	NOSOTROS _____ CLIENTE _____
PIEZAS SOLICITADAS _____	Mensuales	
No. CAVIDADES _____		¿NO FUNCIONAN ? _____
MATERIAL A INYECTAR _____	GRADO _____	COLOR _____
	GRADO _____	
MAQUINA EN QUE SE INYECTARA _____		TAMAÑO DE PLATINAS _____
TERMINOS Y CONDICIONES		
TIEMPO DE ENTREGA N.D. _____	SEMANA _____	LUGAR: _____
PRECIO DE VENTA: _____	pesos/pza	
NOTAS _____		

		<b>CALCULOS</b>	
TIPO DE CAMBIO \$/USD		13.00	
<b>TIEMPO</b>		<b>EFFECTIVIDAD</b>	
Tiempo estimado de producción		HORAS	días
Ingresos por máquina		Tornos	
Cantidad de material		PESOS MAQUILA	
<b>MATERIAL</b>			
Cantidad de material		0.00 Kg/1000 piezas	
Precio de los materias primas		USD/Kg	
0	0		
0			
Color			
OTRO/MERMA			
<b>Costo de material</b>			
<b>MOLDE</b>			
Inversión en el molde		\$	
Cantidad		PZAS	
<b>MÁQUINA</b>			
Piezas por hora			
Costo de máquina		pesos/hr	
<b>MANO DE OBRA, adicional al empaque.</b>			
Costo de la mano de obra para rebabeo, acomodo, etc.			
Costo operador		\$/TURNO	
Costo Supervisión		\$/TURNO	Número de máquinas
Eficiencia	Requiere rebabeo y dedicación		
	Molde automático		
Productividad	8 h/turno		
Utilidad			
<b>Precio de mano de obra</b>			
<b>EMPAQUE</b>			
Cant	\$/pza	pzas/caja	
Caja cartón			
Bolsa PE			
<b>Costo de Empaque</b>			
<b>FLETES</b>			
\$/ENVIO		lote/camioneta	
Embarques	0	1	0.000
<b>Costo del Flete</b>			<b>0.000</b>
<b>RESUMEN</b>			
MATERIAL		-	
MOLDE		-	
MAQUINA		-	
MANO DE OBRA		-	
EMPAQUE		-	
FLETE		-	
TOTAL		-	pesos/pza
TOTAL SIN MATERIAL		-	pesos/pza

# Bibliografía

---

## BIBLIOGRAFÍA

### Referencias de libros

- [1] Raimond, B. Seymour, Charles, E. (1995). Introducción a la Química de los Polímeros. Editorial Reverté S. A.
- [2] Besednjak, A., Dietrich, A. (2009). *Materiales Compuestos*. Editorial Univ. Politèc. de Catalunya.
- [3] Rebollo, J. M. (2013). Principios básicos en la extrusión de compuestos. Krauss Maffei Berstorff.
- [4] Aramendía, Lacreu, Aldabe S., Aramendia P. (2004). Química 2. Química en acción. Ediciones Colihue SRL.
- [5] Douglas, M. (1999). Plastic Injection Molding: Manufacturing Startup and Management. Society of Manufacturing Engineers.
- [6] Osswald, T., Menges, G., Flórez, J., y Flórez L. (2010). *Ciencia de Polímeros para Ingenieros*. Colombia: Editorial Guaduales Cúcuta.
- [7] Kalpakjian, S., Schmid, S. R. (2002). Manufactura, Ingeniería y Tecnología. Editorial Pearson.
- [8] Olmsted, B. and Davis Martin E. (2001). Practical injection Molding. Marcel Dekker,inc.
- [16] Robert, A.M. (1994). Plastic Part Design for Injection Molding. Hanser Publishers.
- [17] Dominick, V.R., Donald, V.R., y Marlene, G.R. (2000). Injection Molding Handbook. Editorial Springer.
- [18] Yeager, M. (2000). Part and Mold Design. Barcelona, España: Design Engineering Services.

## Bibliografía

---

[20] Douglas, M.B. (1997). Plastic Injection Molding: Material Selection and Product Design Fundamentals. Editorial SME.

[21] EIRI Board of Consultants and Engineers (2008). Injection Moulding Of Plastics Engineers India Research In.

[22] Agassant, J.F., Musa R.K., y Avraam I. (2009). Injection Molding: Technology and Fundamentals. Editorial Hanser Verlag.

[23] Goodship, V. (2004). Practical Guide to Injection Moulding. Smithers Rapra Publishing.

[24] Dupont Delrin acetal resin Molding Guide. Technical Information.

[25] Engineering Polymers, Part and Mold Design, Thermoplastics. A design Guide.

[26] Eastman polymers. Processing and mold design guidelines.

[31] Villa Perez, P. E., Vásquez Múnera, F. (2007), Reflexión para implementar un sistema de gestión de calidad (ISO 9001:2000) en cooperativas y empresas de economía solidaria. Editor U. Cooperativa de Colombia.

[32] Grupo Industrial Polisol, S.A. de C.V.

### Referencias electrónicas

[9][http://www2.dupont.com/Plastics/es\\_US/centro\\_conocimiento/procesamiento/moldeo\\_por\\_inyeccion/](http://www2.dupont.com/Plastics/es_US/centro_conocimiento/procesamiento/moldeo_por_inyeccion/) (Consultado el 10 de Febrero del 2014).

[10] <http://www.inc.com/encyclopedia/computer-aided-design-cad-and-computer-aided-cam.html> (Consultado el 26 de Febrero de 2014).

[11] <http://es.ptc.com/product/creo/parametric> (Consultado el 27 de Febrero de 2014).

[12] <http://www.autodesk.com/solutions/cad-cam> (Consultado el 3 de Marzo de 2014).

## Bibliografía

---

[13] [http://www.plm.automation.siemens.com/es\\_mx/plm/cam.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/es_mx/plm/cam.shtml) (Consultado el 3 de Marzo de 2014).

[14] <http://www.autodesk.com/products/autodesk-simulation-family/features/simulation-moldflow/all/gallery-view> (Consultado el 5 de Marzo de 2014).

[15] <http://www.solidworks.es/sw/products/simulation-software-design-analysis.htm> (Consultado el 5 de Marzo de 2014).

[19] <http://www.hasco.com/es/Productos> (Consultado el 11 de Marzo de 2014).

[27] [http://www.axxocol.com/\\_Axxocol/\\_DwPortal/Documents/Aceros%20para%20moldes.pdf](http://www.axxocol.com/_Axxocol/_DwPortal/Documents/Aceros%20para%20moldes.pdf) (Consultado el 14 de Marzo de 2014).

[28] <http://www.bu-mexico.com/2571.htm> (Consultado el 14 de Marzo de 2014).

[29] <http://www.schmolz-bickenbach.com.mx/index.php?id=3470> (Consultado el 14 de Marzo de 2014).

[30] <http://www.serviacero.com/especiales> (Consultado el 15 de Marzo de 2014).

[33] [http://www.primeresinas.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=66&Itemid=65&lang=es](http://www.primeresinas.com/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=65&lang=es)

[34] [http://www.ohaus.com.mx/pioneer\\_p.htm](http://www.ohaus.com.mx/pioneer_p.htm)

[35] [www.dr-boy.de](http://www.dr-boy.de)

